

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потєбні  
Кафедра електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення

## Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

рівень вищої освіти другий магістерський  
(другий магістерський) рівень

на тему Дослідження та розробка мікроелектронної системи знезараження питної води систем

Виконав: студент (ка) II курсу, групи 8.1532

Беримець Д. С.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Напряму підготовки 153  
(шифр)

Спеціальності Мікро- та наносистемна техніка

(назва)

Керівник доцент, доцент, к.т.н.

Верьовкін Л. Л.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент Завідувач кафедри ЕІКС ІННІ ім. Ю.М. Потєбні, професор, д.т.н., Коваленко В.Л.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя - 2023 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потєбні

Рівень вищої освіти другий магістерський рівень  
(перший (бакалаврський) рівень, другий (магістерський) рівень)  
Напрямок підготовки \_\_\_\_\_  
(шифр)  
Спеціальність 153 Мікро- та наносистемна техніка  
(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ЕІСПЗ

Критська Т. В.

“20” грудня 2023 року

**З А В Д А Н Н Я**  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Беримець Данило Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження та розробка мікроелектронної системи знезараження питної води систем

керівник проекту (роботи) Верьовкін Леонід Леонідович, доцент, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “01” травня 2023 року №639-с

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 20 грудня 2023 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Оптимальні умови здобуття срібної води наступні: відстань між срібними пластинками 5...12 мм, щільність струму 0,15...5,0 мА/см<sup>2</sup>, напруга на електродах 3...12 В.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Дослідження приладів та методів підготовки питної води електролізними розчинами срібла. Розробка портативної мікроелектронної системи знезараження питної води, для профілактики інфекційних захворювань. Техніко-економічне обґрунтування розробки портативної мікроелектронної системи знезараження питної води. Охорона праці та техногенна безпека при розробці портативної мікроелектронної системи знезараження питної води

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Функціональна схема портативної мікроелектронної системи підготовки питної води. Схема електрична принципова портативного пристрою для знезараження рідин електролітичними розчинами срібла. Аналіз функціонування розробленого пристрою в програмному застосуванні Electronics Workbench. Печатна плата пристрою для знезараження рідин електролітичними розчинами срібла.

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
<i>I</i>	<i>Верьовкін Л.Л., доцент</i>	<i>13.10.2023</i>
<i>II</i>	<i>Верьовкін Л.Л., доцент</i>	<i>10.11.2023</i>
<i>III</i>	<i>Верьовкін Л.Л., доцент</i>	<i>17.11.2023</i>
<i>IV</i>	<i>Верьовкін Л.Л., доцент</i>	<i>23.11.2023</i>

7. Дата видачі завдання 01.05.2023 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
<i>1</i>	<i>Аналітичний огляд антимікробних властивостей і механізму дії срібла</i>	<i>14.09.2023</i>	
<i>2</i>	<i>Дослідження впливу фізико-хімічних чинників на антибактеріальну активність електролізних розчинів срібла</i>	<i>18.09.2023</i>	
<i>3</i>	<i>Аналіз апаратури для приготування срібної води і її концентратів</i>	<i>13.10.2023</i>	
<i>4</i>	<i>Моделювання функціональної схеми пристрою</i>	<i>20.10.2023</i>	
<i>5</i>	<i>Розробка моделі пристрою на D-тригерах</i>	<i>27.10.2023</i>	
<i>6</i>	<i>Моделювання печатної плати пристрою на D-тригерах</i>	<i>03.11.2023</i>	
<i>7</i>	<i>Аналіз функціонування портативного пристрою для виготовлення електролізних розчинів срібла</i>	<i>10.11.2023</i>	
<i>8</i>	<i>Техніко-економічне обґрунтування</i>	<i>17.11.2023</i>	
<i>9</i>	<i>Охорона праці та техногенна безпека</i>	<i>23.11.2023</i>	
<i>10</i>	<i>Написання пояснювальної записки</i>	<i>02.12.2023</i>	
<i>11</i>	<i>Оформлення графічного матеріалу</i>	<i>08.12.2023</i>	
<i>12</i>	<i>Попередній захист дипломної роботи</i>	<i>09.12.2023</i>	
<i>13</i>	<i>Оприлюднений захист кваліфікаційної роботи</i>	<i>12.12.2023</i>	

Студент

( підпис )

Беримець Д. С.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

( підпис )

Верьовкін Л. Л.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

( підпис )

Верьовкін Л. Л.

(прізвище та ініціали)

## Реферат

Дипломна робота містить 80 сторінок, 40 рисунків, 9 таблиць, 3 додатки, 20 джерел літератури.

Об'єкт дослідження – пристрої для знезараження рідин електролітичними розчинами срібла.

Мета роботи – дослідження та розробка мікроелектронної системи підготовки питної води, для профілактики інфекційних захворювань.

Задачі роботи - розробити оптимальну схему пристрою для виготовлення електролізних розчинів срібла і аналіз його функціонування, мініатюризація електронної схеми пристрою шляхом проектування мікроплати, розробка пристрою у вигляді функціонального модуля для спрощення та здешевлення технології і можливостей виготовлення дослідного зразка.

Методика досліджень – моделювання схеми електричної принципової за допомогою програмного забезпечення Electronics Workbench.

Короткий виклад результатів досліджень – розроблена схема електрична принципова, топологія і технологія виготовлення печатної плати.

Результати впроваджень – розроблена документація та технічні вимоги на пристрій використані на кафедрі ЕМСПЗ для проведення дослідно-конструкторської розробки.

Прогнози і пропозиції – пристрій може бути використаним у будь-якому лікувальному заході та в польових умовах.

**СРІБЛО, ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ, КОНСЕРВАЦІЯ ВОДИ, ДЕЗІНФЕКЦІЯ, АНІОНИ, ІОНИ, ЕЛЕКТРОЛІЗ, ІОНАТОР, ДОЗУВАННЯ.**

Робота виконана на кафедрі електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення з 01 травня по 10 грудня 2023 року.

## Зміст

	Стор.
Вступ .....	6
1 Дослідження приладів та методів підготовки питної води електроліз- ними розчинами срібла .....	8
1.1 Антимікробні властивості і механізм дії срібла .....	8
1.2 Вплив фізико-хімічних чинників на антибактеріальну активність електролізних розчинів срібла .....	11
1.3 Апаратура для приготування срібної води і її концентратів .....	13
1.4 Використання срібної води в практичних умовах .....	19
1.5 Аналітичний контроль вмісту срібла у воді .....	20
2 Розробка портативної мікроелектронної системи знезараження питної води, для профілактики інфекційних захворювань .....	23
2.1 Моделювання пристрою на дискретних елементах .....	24
2.2 Розробка моделі пристрою на D-тригерах .....	28
2.2.1 Моделювання печатної плати пристрою на D-тригерах.....	36
2.2.2 Аналіз функціонування пристрою для виготовлення електролізних розчинів срібла .....	42
2.3 Модернізація розробленого пристрою .....	43
2.3.1 Аналіз функціонування портативного пристрою для виготовлення електролізних розчинів срібла .....	47
2.4 Моделювання конструкції портативного пристрою для виготовлення електролізних розчинів срібла .....	48
2.4.1 Аналіз перспектив використання навісних елементів СМД в при- строї .....	48
2.4.2 Моделювання топології печатної плати .....	52
2.4.3 Моделювання топології печатної плати на СМД елементах .....	53
3 Техніко-економічне обґрунтування розробки портативної мікроелект- ронної системи знезараження питної води .....	56

3.1 Обґрунтування вибору технології виготовлення портативної мікроелектронної системи знезараження питної води .....	56
3.2 Розрахунок витрат на виробництво портативної мікроелектронної системи знезараження питної води .....	60
4 Охорона праці та техногенна безпека при розробці портативної мікроелектронної системи знезараження питної води .....	62
4.1 Заходи зі зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів .....	63
4.2 Виробнича санітарія .....	64
4.3 Електробезпека .....	66
4.4 Пожежна безпека. Техногенна безпека .....	67
4.5 Розрахунок місцевого освітлення робочого місця при монтажі елементів на плату .....	72
Висновки та рекомендації .....	75
Перелік посилань .....	76
Додатки .....	78

## Вступ

Серед багатьох галузей сучасної техніки, направлених на підвищення рівня життя людей, благоустрою населених місць і розвитку промисловості, водопостачання займає велике і почесне місце. Вода – це неодмінна частина всіх живих організмів, життєдіяльність яких без води неможлива. Для нормального перебігу фізіологічних процесів в організмі людини і для створення сприятливих умов життя людей дуже важливе гігієнічне значення води. В даний час забезпечення населення водою високої якості стало справжньою проблемою.

Проблема питного водопостачання зачіпає дуже багато сторін життя людського суспільства протягом всієї історії його існування. В даний час це проблема соціальна, політична, медична, географічна, а також інженерна і економічна. На питні і побутові потреби населення, комунальних об'єктів, лікувально-профілактичних установ, а також на технологічні потреби підприємств харчової промисловості витрачається близько 5 - 6% загального водоспоживання. Технічно забезпечити подачу такої кількості води неважко, але потреби повинні задовольнятися водою певної якості, так званою питною водою.

Питна вода – це вода, що відповідає по своїй якості природному стану, або після обробки (очищення, знезараження) встановленим нормативним вимогам і призначена для питних і побутових потреб людини. Основні вимоги до якості питної води: бути безпечною в епідемічному і радіаційному відношенні, бути нешкідливою по хімічному складу, володіти сприятливими органолептичними властивостями. Для задоволення цих вимог в даний час використовується цілий комплекс заходів по підготовці питної води.

Техніці очищення питної води від шкідливих речовин, і особливо від хвороботворних організмів, у всіх країнах останніми роками приділяється вся більша увага. Вже зараз широко використовуються такі засоби, що знезара-

жують як хлор, озон, ультрафіолетові промені; знайшли вживання в практиці водопідготовки нові коагулянти і флокулянти, починають застосовуватися речовини, що володіють адсорбційними, адгезійними і іншими властивостями. І все-таки, як не великі успіхи по забезпеченню населення доброякісною водою, як і раніше причиною поширення ряду захворювань є вода, що містить патогенні бактерії і шкідливі речовини. Так, за даними Усесвітньої організації охорони здоров'я, від інфекцій, що передаються через воду, щорік на нашій планеті захворює до 500 млн. чоловік, а понад 5 млн. дітей помирає. Ці дані показують всю важливість і гостроту постановки питання про розширення досліджень в області очищення води.

Встановлено, що срібло має високий антимікробний ефект вже в концентрації 0,05 мг/л. Срібло є високоефективним знезаражувальним засобом відносно таких патогенних мікроорганізмів, які викликають гострі кишкові інфекції.

Проте, не дивлячись на досить повне вивчення антимікробних властивостей срібла, широке вживання його в практиці водопостачання стримувався недостатніми відомостями про його токсичність.

Розробка надійних методів профілактики інфекційних захворювань, і в першу чергу, знезараження рідин електrolітичними розчинами срібла, залишається актуальною.



# 1 Дослідження приладів та методів підготовки питної води електролізними розчинами срібла

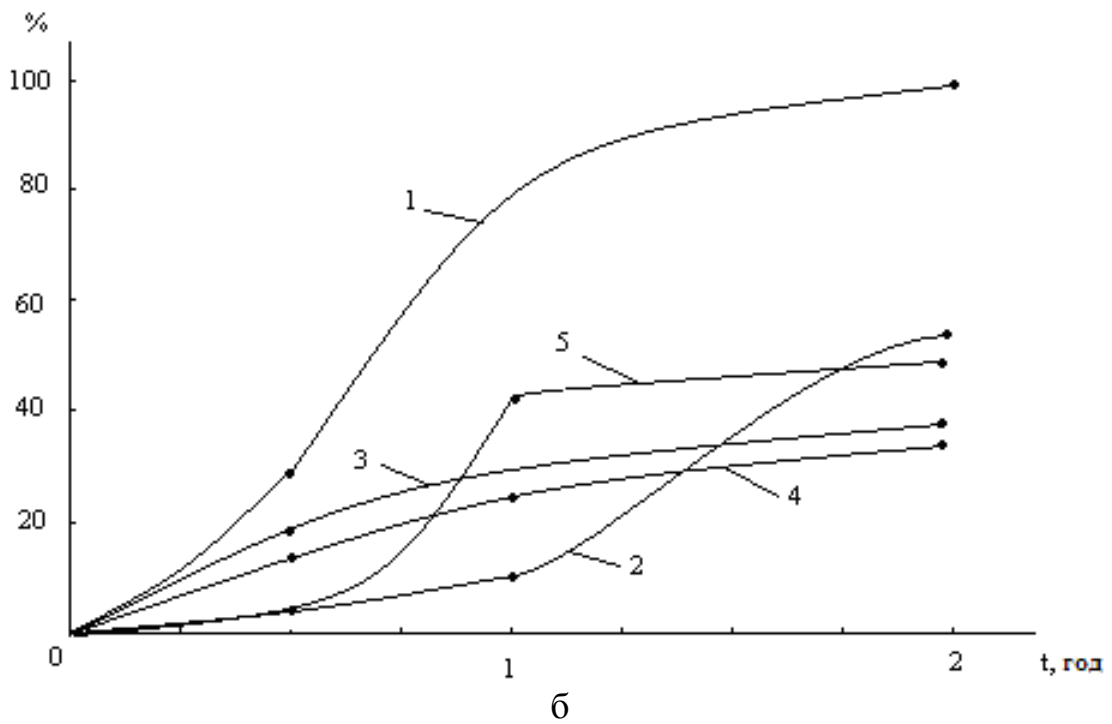
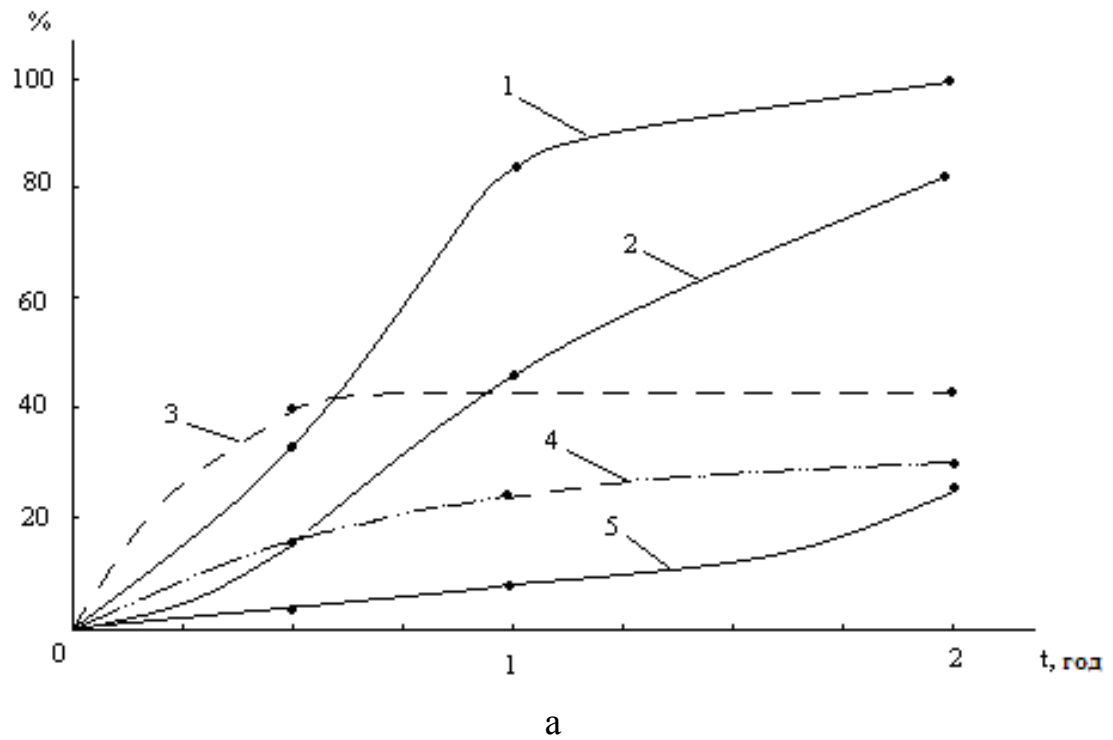
## 1.1 Антимікробні властивості і механізм дії срібла

Механізм дії срібла на мікробну клітку в світлі сучасних даних полягає в тому, що іони срібла сорбуються клітинною оболонкою, при цьому клітинна оболонка виконує захисну функцію і сама клітка залишається життєздатною, хоча порушуються деякі її функції, наприклад ділення (бактеріостатичний ефект). Як тільки на поверхні клітки сорбується надлишкова кількість срібла, останнє проникає всередину клітки і затримується цитоплазматичною мембраною. У цитоплазматичній мембрані розташовані основні ферментні системи клітки. Срібло блокує бактерійні ферменти, внаслідок чого клітка гине.

Ефект знищення бактерій препаратами срібла надзвичайно високий. За даними В.А. Углова, він в 1750 раз сильніше за дію карболової кислоти в тій же концентрації і в 3,5 раз сильніше за дію сулеми [1]. Срібна вода активніша за хлор, хлорне вапно, гіпохлорит натрію і інші сильні окислювачі в однакових концентраціях (рис. 1.1).

Роботи по вивченню дії важких металів, і зокрема срібла, переважно проводилися з суспензіями мікроорганізмів. При цьому було встановлено, що чутливість різних видів патогенних і сапрофітних організмів до срібла не однакова.

Дж. Портер [2] на підставі проведених їм досліджень вказує, що з штамів *Staphylococcus aureus*, *Brucella abortus*, *Ebertella typhosa*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosae*, *Vibrio comma*, *Bacillus subtilis* і *Mycobacterium phlei* найбільш підлеглі дії срібла мікробактерії.



1 – срібна вода; 2 – аммарген; 3 – фенол; 4 – хлор; 5 – хлорне вапно

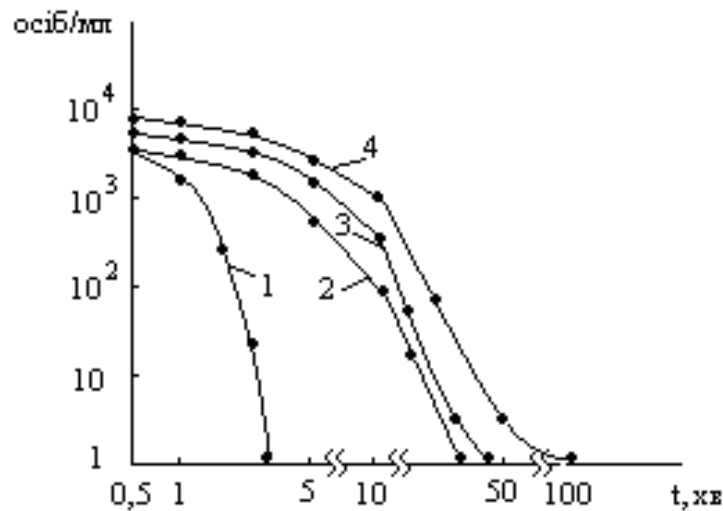
а) на кишковій паличці;

б) на бактерії Флекснера

Рисунок 1.1 - Порівняння бактерицидності різних дезінфікуючих препаратів (концентрація реагенту 1 мг/л, температура 7°C)

Групу кишкових бактерій і стафілококів по ефективності дії срібної води на ці мікроорганізми можна розташувати в такий ряд: кишкові палички < бактерії Флекснера < бактерії Еберта < стафілококи.

Кінетика відмирання бактерій під впливом срібла показана на рисунку 1.2.



1 – 1,0; 2 – 0,5; 3 – 0,2; 4 – 0,05 мг/л. Вихідне зараження  $10^4$  осіб/мл

Рисунок 1.2 – Кінетика відмирання *Escherichia coli* під дією різних концентрацій срібла

Видно, що швидкість відмирання *Escherichia coli* залежить від концентрації срібла. Так, при дозі 1 мг/л загибель кишкової палички настає через 3 хвилини, при дозі 0,5 мг/л – через 20 хвилин, при дозі 0,2 мг/л – через 50 хвилин, а для дози 0,05 мг/л потрібний близько двох часів контакту для повного бактерицидного ефекту. Цікаво відзначити, що початок антимікробної дії срібла також залежить від його концентрації. Для дози 0,05 мг/л це 5 хвилин, для 0,2 мг/л – 3 хвилини, для 0,5 мг/л – 2 хвилини. Дія срібла при дозі 1 мг/л і вище настає з моменту введення дезінфектантів.

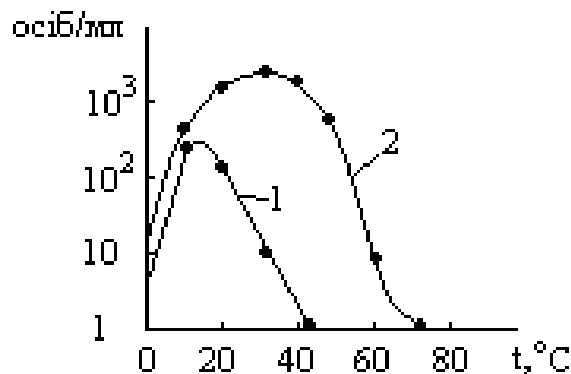
Останнім часом з'явилися повідомлення про те, що дуже важливим санітарно-показовим мікроорганізмом разом з кишковою паличкою являється ентерокок. Було встановлено, що ентерококи по стійкості до хлору значно вище вірулентних штамів вірусу поліомієліту і практично знаходяться на рі-

вні аттенуованного вірусу. Стійкість до хлору ентерококів також значно вище, ніж стійкість кишкової палички.

## 1.2 Вплив фізико-хімічних чинників на антибактеріальну активність електролізних розчинів срібла

Антимікробна ефективність срібної води, як і більшості антимікробних агентів, у тому числі антибіотиків, в значній мірі залежить від фізико-хімічних умов середовища. Дослідження, проведені В.М. Савіною, О.І. Бершовою і Е.Л. Соловйовою [3, 4] показали, що на антимікробну активність срібла роблять вплив: концентрація іонів  $Ag^+$ , час контакту, присутність у воді органічних і мінеральних речовин, температура, рН середовища і так далі.

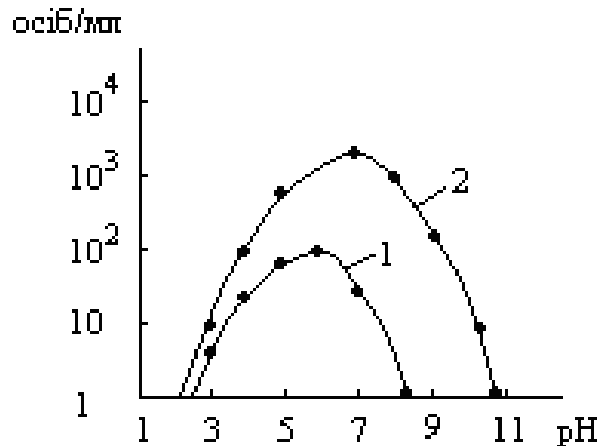
Як показали дослідження, підвищення температури в межах життєдіяльності бактерій ослабляє їх резистентність до срібла (рис. 1.3). Ці дані сповна збігаються з теорією механізму дії срібла на ферментні системи бактерій, оскільки активність ферментів при підвищенні температури знижується і вони легше інактивуються різними інгібіторами.



1 – доза срібла 0,2 мг/л; 2 – контроль

Рисунок 1.3 – Вплив температури на знезаражувальний ефект срібла (час контакту 30 хв, вихідне зараження –  $10^4$  осіб/мл *Escherichsa coli*)

Позитивні дані отримані при вивченні впливу рН води на антимікробну активність срібла. Виявилось що вона вище в лужному середовищі. Так, при рН 8 і 9 в контролі наголошувалося значне зростання *Esche-richia coli*, а в дослідних пробах при тих же значеннях рН і концентрації срібла 0,2 мг/л після 30 хвилин контакту мікроби не були виявлені. У кислому середовищі срібло надає значно меншу бактерицидну дію на кишкову паличку (рис. 1.4).



1 – доза срібла 0,2 мг/л; 2 – контроль

Рисунок 1.4 – Вплив рН води на знезаражувальний ефект срібла (час контакту 30 хв, вихідне зараження –  $10^4$  осіб/мл *Escherichsa coli*)

Вурман і Цобріст також вказують, що підвищення температури води на  $10^{\circ}\text{C}$  скорочує час відмирання бактерій в 1,6 раз, а пониження рН на одиницю подовжує час їх відмирання в 1,6 раз. Підвищення вмісту у воді іонів кальцію на кожні 10 мг/л подовжує час, протягом якого відмирає 99,9% бактерій, на 3 хвилини. За даними цих же дослідників, додавання 10 мг/л хлоридів до дистильованої води, що містить 0,06 мг/л срібла, збільшує час відмирання бактерій на 25%.

Для надійної дезінфекції, питної води сріблом необхідно експериментально підбирати його дози і час контакту із знезараженою водою. При цьому слід враховувати вплив мінерального состава води (табл. 1.1), особливо за наявності іонів, що переводять срібло в малорозчинні з'єднання.

Таблиця 1.1 – Вплив аніонів, які входять в мінеральний склад води, на бактерицидну дію електролітичних розчинів срібла

Концентрація $Cl^-$ , мг/л	Кількість бактерій в 1 мл, що вижили після дії 0,1 мг/л срібла через					Концентрація $SO_4^{2-}$ , мг/л	Кількість бактерій в 1 мл, що вижили після дії 0,1 мг/л срібла через			Концентрація $S^{2-}$ , мг/л	Кількість бактерій в 1 мл, що вижили після дії 0,1 мг/л срібла через		
	15 хв.	30 хв.	60 хв.	90 хв.	120 хв.		30 хв.	60 хв.	120 хв.		15 хв.	30 хв.	60 хв.
2	300	3	0	0	0	1,5	230	0	0	-	785	103	0
6	1260	23	1-4	0	0	25	94	0-1	0	0,01	1045	210	0
20	2410	220	4	0	0	250	253	0	0	0,05	1241	122	0
60	5075	2810	178	10	0	-	-	-	0	0,15	880	40	0
										0,30	30	1	0
Початкова кількість бактерій в 1 мл води складало 17500						Початкова кількість бактерій в 1 мл води складала 20250				Початкова кількість бактерій в 1 мл води складала 16500			

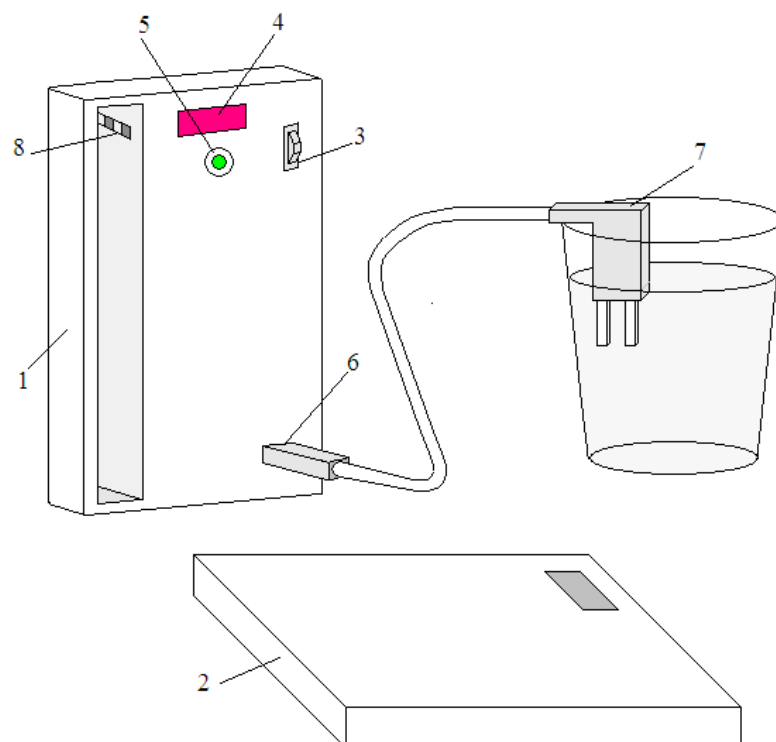
З усіх солей, які в реакції з іонами срібла утворюють нерозчинні з'єднання, в природних водах поширені лише хлориди і сульфати; сульфід і фосфати зустрічаються дуже рідко. При великих кількостях іонів хлору у воді лише сама незначна частина срібла залишається у вигляді вільних іонів; природно, що швидкість знезараження знижується. Причому це зниження не пропорційне зменшенню концентрації іонів срібла. Можливо, при надлишку хлориду срібла дезінфікуюча дія цього з'єднання виявляється завдяки тому, що воно є резервом, що поповнює спад іонів срібла в розчині. При електролізі у присутності великої кількості хлоридів позитивну роль грає також утворення колоїдних з'єднань срібла і гіпохлориту (табл. 1.2).

### 1.3 Апаратура для приготування срібної води і її концентратів

На рисунку 1.5 показана модель іонатора ЛК-26а «Турист-2». Апарат наділений акумулятором, що дозволяє виконувати періодичну зарядку (від 3 до 6 місяців) від електричної мережі (рис. 1.6).

Таблиця 1.2 – Вплив хлоридів на консервуючий ефект срібла у відношенні *Escherichsa coli*

Вода	Доза срібла, мг/л	Вихідне зараження, осіб/л	Coli -індекс після дії срібла		
			2 ч	доба	тижні
Водопровідна	0,1	$10^6$	0	0	0
	0,5	$10^6$	0	0	0
	Контроль	$10^6$	$10^5$	$10^4$	$10^4$
Водопровідна з додаванням 350 мг/хлор-іонів	0,1	$10^6$	30	18	0
	0,5	$10^6$	12	0	0
	Контроль	$10^6$	$10^5$	$10^5$	$10^5$



1 – корпус іонатора; 2 – акумулятор; – ручка вимикача; 4 – індикаторна лампочка; 5 – кнопка для перевірки джерела живлення; 6 – гніздо з під'єднаними електродами; 7 – виделка з срібними електродами; 8 – контактні майданчики

Рисунок 1.5 - Іонатор ЛК-26а «Турист-2»

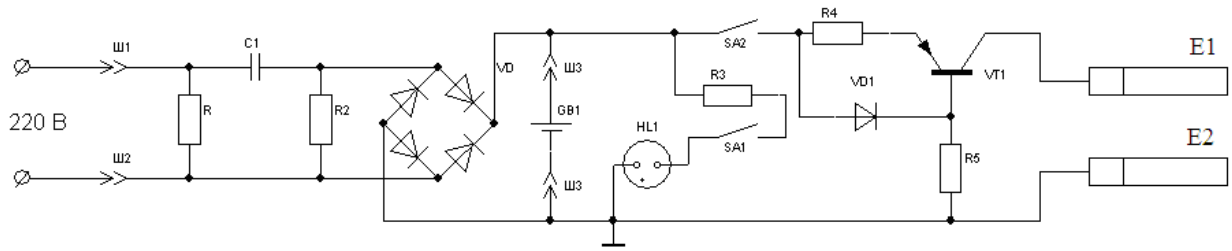


Рисунок 1.6 – Схема електрична іонатора ЛК-26а «Турист-2»

Він оформлений в мініатюрному корпусі, розділеному на три відсіки. У одному з них знаходяться срібні електроди і контактні штирі, призначені для підключення іонатора до мережі змінного струму напругою 220 В. В другому розташована акумуляторна батарея 7Д-01. У третьому – електронний стабілізатор, зарядний пристрій і комутація приладу, змонтовані на печатній платі. У днищі корпусу впресовані контактні гайки з різьбленням, куди укручуються на час зарядки контактні штирі. При зарядженому акумуляторі (контролюється лампочкою) іонатор забезпечує постійну силу струму, а тим самим і постійну витрату срібла.

На рисунку 1.7 представлена електрична схема іонатора ЛК-27, який виготовляється на Сумському заводі електронних мікроскопів. Цей прилад забезпечує подачу 0,4 мг/хв срібла. Він складається з корпусу з постійно приєднаними срібними електродами. Корпус обладнаний штирями і включається в мережу змінного струму напругою 220 В. В корпусі змонтовані резистори, випрямляч, перемикач полярності і сигнальна лампочка. Іонатор комплектується підвіскою або поплавцем, який підтримує електроди на певному рівні.

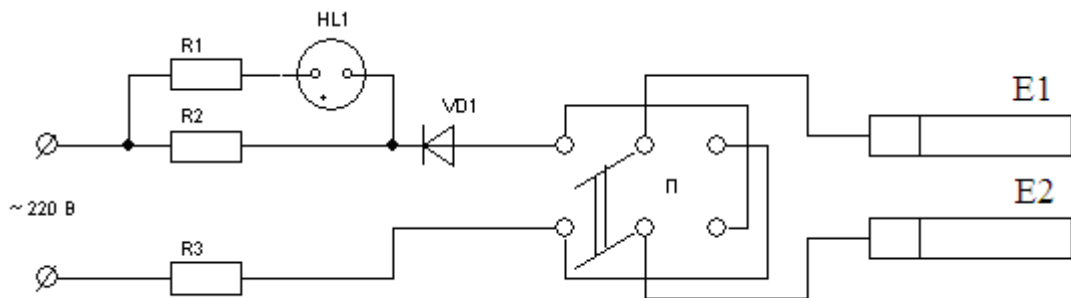


Рисунок 1.7 – Схема електрична іонатора ЛК-27



На рисунках 1.8 – 1.11 показані іонатори ЛК-31 и ЛК-32, які випускаються Мелітопольським компресорним заводом.

Електрична схема іонатора ЛК-31 близька до електричної схеми іонатора ЛК-27. Іонатор ЛК-31 змонтований в циліндровому корпусі, до якого прикріплені срібляні електроди, які закриваються в неробочому положенні ковпачком.

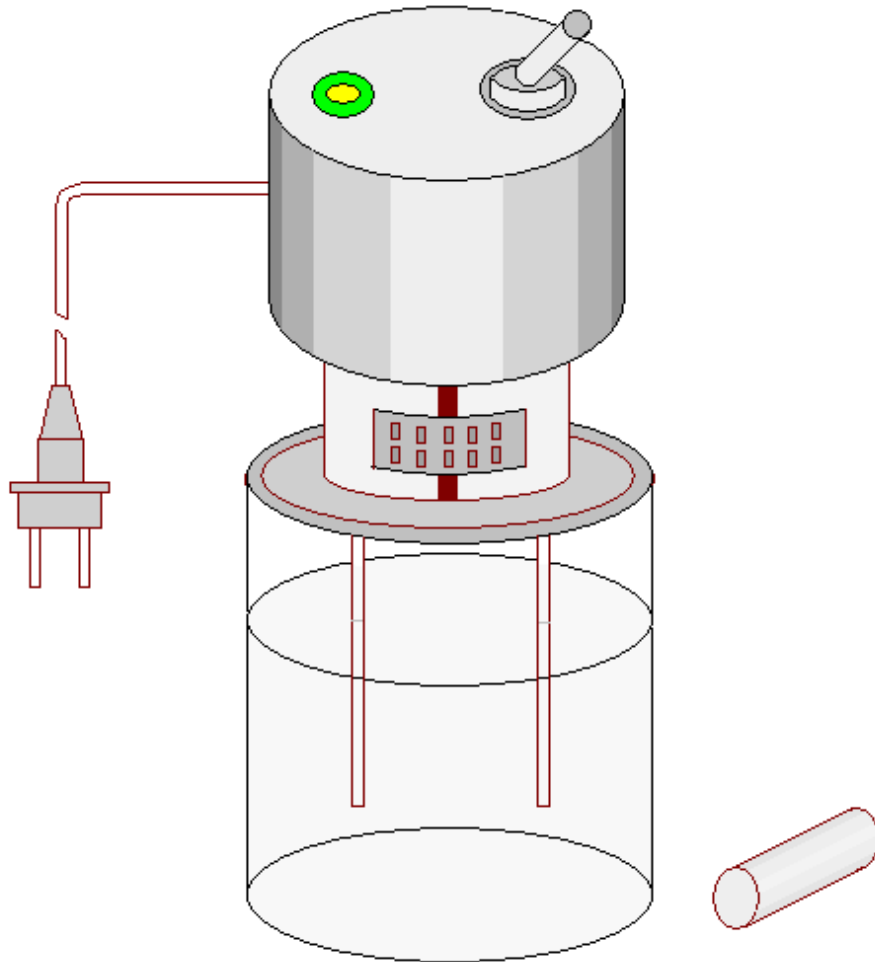


Рисунок 1.8 – Іонатор ЛК-31 побутового призначення

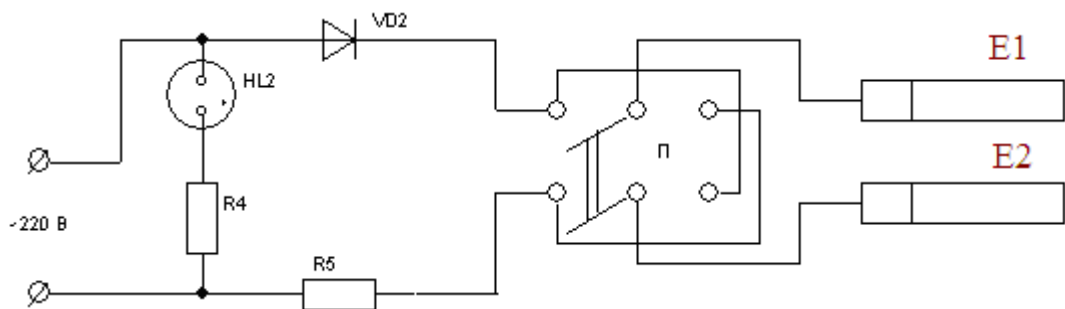


Рисунок 1.9 – Схема електрична іонатора ЛК-31

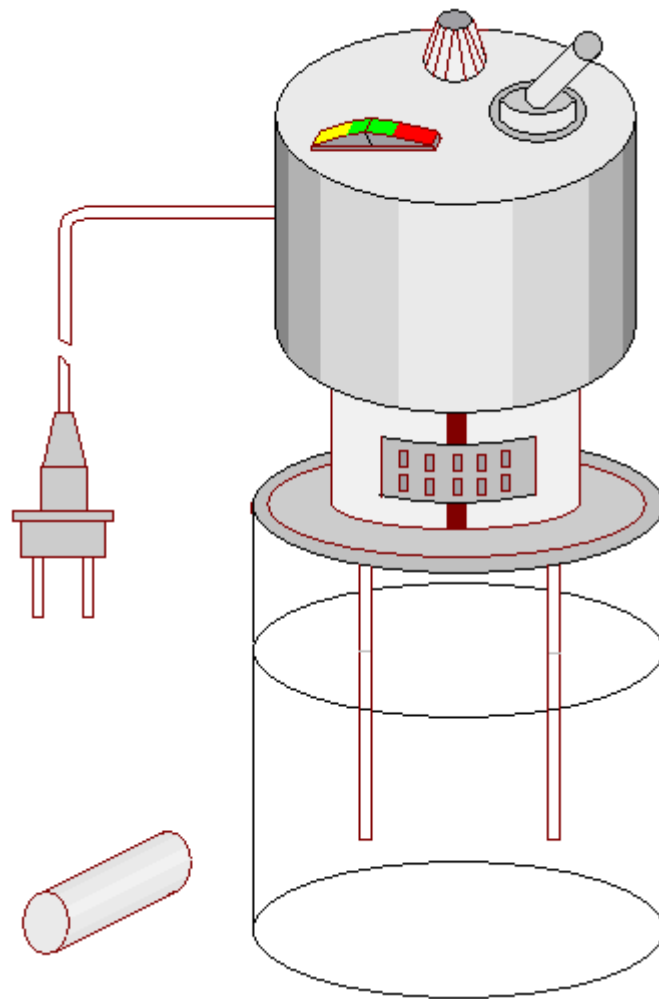


Рисунок 1.10 - Іонатор ЛК-32 у робочому положенні

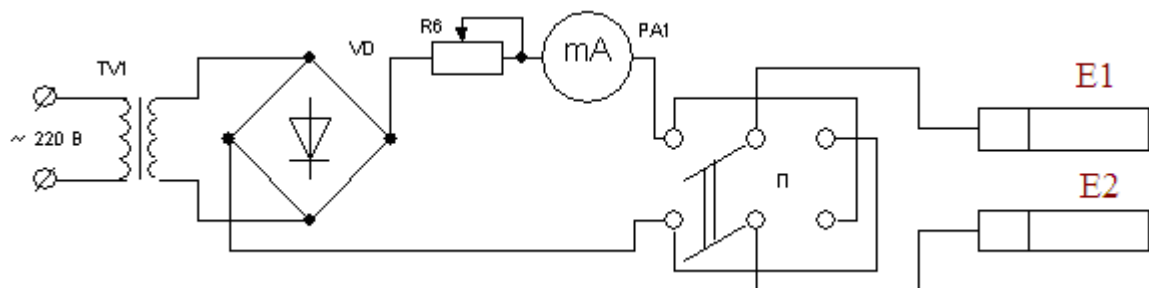


Рисунок 1.11 - Схема електрична іонатора ЛК-32

На кришці змонтовані тумблер для перемикання полярності електродів і сигнальна лампочка. Продуктивність іонатора – 0,5 мг/хв. срібла.

По конструктивному оформленню іонатор ЛК-32 аналогічний іонатору ЛК-31. Але на кришці іонатора ЛК-32, окрім перемикача полярності, змонтовані також міліамперметр і регулятор опору. Його електрична схема перед-

бачає живлення лише від мережі змінного струму. Продуктивність приладу – до 3,3 мг/хв срібла.

Особливого вивчення і розробки потребували консервація регенованої і мінералізованої питної води електролітичними розчинами срібла в умовах польоту космічних кораблів. У результаті був прийнятий розроблений для цієї мети іонатор ЛК-33с. Цей прилад складається з проточного електролізера з срібними електродами (срібло Ср 999,9) і блоку живлення, що підключається до бортової мережі постійно. Прилад забезпечує обробку 30 л/г регенованої і мінералізованої води дозою срібла 0,1 – 0,2 мг/л, що витримується з точністю  $\pm 20\%$ . Така точність дозування сповна задовільна і обумовлена змінами в сольовому складі оброблюваної води і пов'язаними з цим коливаннями виходу срібла по струму.

Були проведені тривалі випробування іонатора ЛК-33с на імітаті регенованої і мінералізованої води, що мав склад: лужність 0,4 - 0,77 мг-екв/л, жорсткість 0,4 - 0,77 мг-екв/л, фтор-іон - 1 мг/л, окислюваність 1,8 мг/л, рН - 7,1. Дослідження показали, що іонатор працював надійно тривалий час як в безперервному, так і в імпульсному режимі. Ресурс срібних електродів достатній для обробки 7500 л води.

Роботи останніх років показали, що ефект знезаражувальної дії срібла істотно збільшується і наводить до швидкого знищення всіх видів бактерій, якщо цей процес комбінувати з обробкою води активним хлором або здійснювати його при одночасному впливі на воду електричного струму. Оскільки апаратури, що забезпечує таку технологію у виробничих умовах, не було, а вже найближчим часом намічається широке використання електролітичних розчинів срібла на ряду об'єктів, у тому числі і в сільськогосподарському виробництві, то така апаратура могла б виявитися вельми корисною. З цією метою були розроблені комбіновані іонатори ЛК-34С і ЛК-35 і водоочисна установка під індексом УКВ.

## 1.4 Використання срібної води в практичних умовах

Для використання срібної води в практичних умовах необхідно, перш за все, встановити дослідженням або на основі вказівок фахівців необхідну для даного випадку дозу срібла. Деякі орієнтовні відомості про концентрації срібла, що використовуються на практиці, наводяться в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Орієнтовне дозування срібла

Об'єкт, що обробляється сріблом	Необхідна концентрація срібла мг/л	Час, необхідний для досягнення ефекту	Мета обробки
Питна вода*	0,05 – 0,2*	От 30 хв до 2 г	Дезінфекція і консервація
Мінеральні і лікувальні води	0,2	2 – 6 г	Дезінфекція і консервація
Фруктові і цитрусові напої	0,2 – 0,5	2 – 6 г	Дезінфекція і консервація
Вода в плавальних басейнах	0,2 – 0,5	2 г	Дезінфекція
Посуд, тара	1,0 – 5,0	До 30 хв	Дезінфекція
Свіжі фрукти і овочі	2,5 – 7,0	До 15 хв	Дезінфекція
Лікувальні розчини **			
Для зовнішнього вживання (промивання, примочки, полоскання, компреси)	20,0 – 0,0	3-5 хв	
		(полоскання)	
		20 – 40 хв (примочки)	
Для внутрішнього вживання (3-4 рази в день за 20 хвилин до або після їди)	0,4 – 0,6 мг на вживання		Термін лікування від 3 до 45 днів

\* При систематичному вживанні питної води, обробленої сріблом, дози останнього не повинні перевищувати 0,05 мг/л. В разі обробки води вищими дозами срібла необхідно здійснювати її десріблення до вказаної величини.

\*\* Рекомендації заслуженого лікаря України М. А. Ромоданова і доцента А. А. Вакара, а також літературні дані.

У літературі [5] приведені дані різних дослідників про дози срібла, необхідні для знезараження питної води. Знаючи кількість продукту, що підлягає обробці, і необхідну дозу срібла, регулюють роботу іонатора.

Дозування кількості срібла, що переводиться в розчин, розраховується за законом Фарадея на підставі показань електровимірювального приладу (міліамперметра або амперметра) з внесенням поправок на вихід срібла залежно від сольового складу води і умов електролізу.

Кількість срібла  $m$  (міліграм), що розчинилося у воді в результаті електролізу, визначається по формулі орієнтовного дозування срібла:

$$m = K \cdot I \cdot T \cdot \frac{n}{100},$$

де  $K$  - електрохімічний еквівалент срібла, рівний 1,118 мг/А·с;  $I$  - сила струму, що проходить через воду, А;  $T$  - час електролізу, с;  $n$  - вихід срібла по струму, залежний від сольового складу води %.

### 1.5 Аналітичний контроль вмісту срібла у воді

При знезараженні питної води електролітичними розчинами срібла необхідно періодично контролювати його вміст, оскільки при зміні фізико-хімічних показників води вихід срібла по струму може вагатися в значних межах.

Майже у всіх випадках природні води містять деяку кількість хлор-іонів, у присутності яких визначення малих доз срібла (0,02 - 0,50 мг/л) вимагає спеціальної методики.

Опис методу визначення малої кількості срібла в природних водах. Цей метод відрізняється високою чутливістю і точністю.

#### Реактиви

1. Дітізон - розчин в  $CCl_4$ , концентрація 20 мг/л.
2. Оцтова кислота, розбавлена (1 : 4).
3. Оцтовокислий натрій, 10% розчин.
4. Стандартний розчин  $AgNO_3$ , 1 мл містить 0,01 міліграм іонів срібла.
5. Трилон Б - 0,01 н. розчин.
6. Сірчаноокислий гідроксиламін, 1% розчин.

### Хід визначення

Для аналізу відбирають пробу, що містить 0,001 - 0,050 міліграм срібла.

До відібраної проби додають 0,01 н. розчин Трилону Б приблизно в десятиразовому надлишку в порівнянні з необхідною кількістю, для скріплення катіонів, що заважають визначенню (1 - 5 мл), доводять рН розчину майже до 5 додаванням 4 мл розбавленої оцтової кислоти (1 : 4) і 20 мл 10% розчину оцтовокислого натрію. Якщо об'єм отриманого розчину менше 50 мл, його доливають до цієї величини дистильованою водою, додають 5 - 10 міліграм сечовини або 2 мл 1% розчину сірчаноокислого гідроксиламіну, струшують в ділильній воронці, витримують 5 - 7 хвилин, а потім титрують розчином дітізону. Для цього розчин дітізону в  $CCl_4$  додають порціями по 0,3 - 0,5 мл і екстрагують срібло, сильно струшуючи розчин в ділильній воронці протягом 1 - 2 хвилини, поки остання порція не перестане змінювати свій первинний зелений колір. (Можна не зливати окремі екстракти і додавати дітізон до проміжного жовто-зеленого забарвлення екстракту). У другій ділильній воронці готують контрольну пробу з таким же вмістом хлоридів і реактивів, що вводяться, як і в досліджуваному розчині. Потім в контрольну пробу додають таку кількість розчину дітізону, яка пішла на добуток срібла в пробі, і титрують його стандартним розчином солі срібла, поки забарвлення екстрактів в обох воронках не стане однаковим. По кількості витраченого на титрування стандартного розчину солі срібла визначають кількість срібла в пробі. Визначення можна завершувати фотоколориметруванням. В цьому випадку зміна вмісту хлоридів у воді на 30 - 40 мг/л вимагає перевірки по калібрувальній кривій і навіть побудови нової.

Визначення срібла у дистильованій воді, можна проводити без додавання Трилону Б в сірчаноокислому середовищі при рН 1,5 - 2,0.

Метою дипломної роботи є розробка портативної мікроелектронної системи знезараження питної води, яка реалізована на сучасній елементній базі і має автономне живлення.

Для досягнення поставленої мети слід вирішити завдання:

- схемне моделювання пристрою для виготовлення електролізних розчинів срібла;
- топологічне моделювання пристрою для розміщення в портативному корпусі з елементами живлення;
- аналіз технічних характеристик пристрою на відповідність вимогам по кількості іонів срібла в питній воді.

## 2 Розробка портативної мікроелектронної системи знезараження питної води, для профілактики інфекційних захворювань

Вода, яка містить іони срібла, знайшла вживання в медицині і в побуті, а її корисні властивості описані в літературі [5]. Перші досліди по здобуттю розчину срібла електролітичним методом були проведені в 1930 році. Було встановлено, що при пропусканні постійного струму через пару занурених у воду срібних електродів анод розчиняється і вода збагачується сріблом. Оптимальні умови здобуття срібної води наступні: відстань між срібними пластинками 5...12 мм, щільність струму 0,15...5,0 мА/см<sup>2</sup>, напруга на електродах 3...12 В. Необхідно періодично міняти полярність електродів (через кожних 5...10 хвилин) і злегка помішувати рідину довкола них.

Вихід срібла по струму залежно від умов електролізу і сольового складу питної води змінюється в межах 50...90% (згідно формулі Фарадея, 1 А/ч розчиняє 4,023 г срібла).

Функціональна схема портативної мікроелектронної системи знезараження питної води складається з генератора тактових імпульсів, тригера, який задає частоту комутації електродів, пристрою зміни полярності включення електродів і стабілізації струму, який протікає через них, і світлодіодного індикатора. (рис. 2.1).

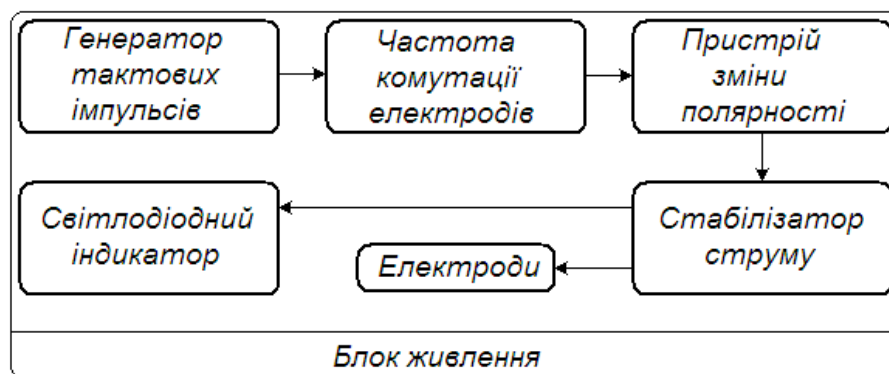


Рисунок 2.1 – Функціональна схема портативної мікроелектронної системи знезараження питної води



## 2.1 Моделювання пристрою на дискретних елементах

Особливістю приладу, пропонованого для виготовлення електролізних розчинів срібла, є можливість шляхом розрахунку визначити кількість срібла, що розчинилося у воді, і рівномірний знос електродів. Для здобуття «срібної води» через опущені у воду електроди з срібла пропускають електричний струм. Кількість срібла  $M$ , що розчинилося, в міліграмах можна підрахувати по формулі:

$$M = 1,118 \times I \times T \times K ,$$

де  $I$  - величина струму, що протікає через електроди, А;  $T$  - час проходження струму, с;  $K$  - коефіцієнт, що дорівнює для питної води 0,9.

Моделюваний пристрій забезпечує стабільний струм через електроди 16 мА незалежно від характеристик води, відстані між електродами і напруги живлення. Продуктивність його 1 мг/хв. Напрямок струму через електроди періодично міняється для рівномірного їх витрачання. Живиться пристрій від вбудованої батареї "Крона" напругою 9 В, яка забезпечує 30 годин його безперервної роботи. Передбачено підключення зовнішніх джерел живлення напругою 6...12 В. Електрична схема пристрою для виготовлення електролізних розчинів срібла приведена на рисунку 2.2. Він складається з генератора тактових імпульсів, тригера, задаючого частоту комутації електродів, пристрою зміни полярності включення електродів і стабілізації струму, який протікає через них, і світлодіодного індикатора. Перелік елементів в **Додатку А**.

Генератор тактових імпульсів виконаний на транзисторах VT1, VT2. Тривалість імпульсів задається колом R3C1, а період їх дотримання - колом R1C1. Тривалість імпульсів значення не має, а від періоду їх дотримання (приблизно 2...4 хвилини) залежить частота перемикання електродів іонатора. Тактові імпульси з колектора транзистора VT2 подаються на рахунковий тригер на транзисторах VT5, VT6. Від класичного цей тригер відрізняється наявністю чотирьох виходів, призначених для струмового управління ключовим каскадом, виконаним по мостовій схемі на транзисторах VT3, VT4, VT7, VT8.

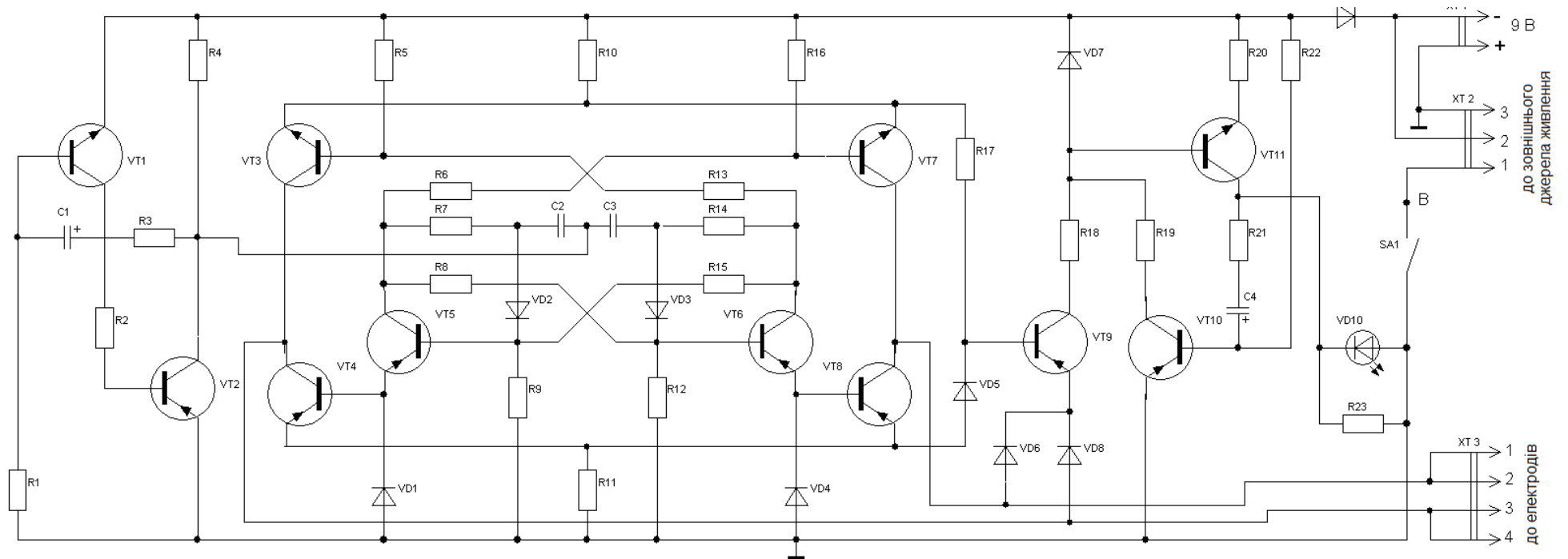


Рисунок 2.2 – Схема електрична принципова моделі пристрою на дискретних елементах

Ключовий каскад міняє полярність напруги на електродах і стабілізує струм через них.

Передбачимо, що транзистор VT5 тригера відкритий, а VT6 - закритий. Емітерний струм транзистора VT5 протікає через діод VD1 і створює на ньому напругу, здатну відкрити регулюючий транзистор VT4. Із-за наявності резистора R11 в колі його емітера останній працює в режимі стабілізації струму, який проходить через електроди. Колекторний струм транзистора VT5 протікає через резистори R6, R16 і базу транзистора VT7 ключового каскаду, тому останній відкритий і на його колекторі присутня напруга, близька до напруги живлення. Транзистори VT3, VT8 в цьому випадку будуть закриті із-за закритого перебування транзистора VT6 тригера і наявності на їх емітерах замикаючої напруги з резисторів R10, R11. Таким чином, в даному варіанті струм проходить по колу R10 - VT7 - електроди приладу - VT4 - R11 і напруга на контактах 1, 2 роз'єму XT3 матиме негативну полярність. Черговий тактовий імпульс перемкне тригер в інший стан, і відкритий вже буде транзистор VT6, а закритий VT5. Тепер струм потече по колу R10 - VT3 - електроди приладу - VT8 - R11 і негативна полярність напруги буде на контактах 3, 4 роз'єму XT3. Регулюючі транзистори VT4, VT8 компенсують зміни напруги живлення і напруги на електродах. Крім того, вони обмежують крізні струми транзисторів моста в моменти перемикання і вихідні струми при випадковому замиканні електродів один з одним.

При розрядженій батареї або при підвищеному падінні напруги на електродах регулюючі транзистори можуть виявитися в стані насичення, унаслідок чого стабілізація струму порушиться. Цю ситуацію контролює каскад на транзисторі VT9 і діодах VD5, VD6, VD8. При штатній роботі напруга на електродах підвищена і діоди VD6, VD8, а також транзистор VT9 закриті. При насиченні якого-небудь з регулюючих транзисторів залишкова напруга на його колекторі, в сумі з падінням напруги на відповідному діоді (VD7 або VD8), стає нижчою за падіння напруги на діоді VD5 і транзистор VT9 відкривається.

На транзисторах VT10, VT11 і світлодіоді HL1 зібраний індикатор роботи приладу. Він є генератором імпульсів (спалахів світла) великої шпаруватості, керованою транзистором VT9. Закритий транзистор не впливає на роботу генератора, а відкритий - переводить його в режим постійного свічення світлодіода. Аби яскравість свічення при розряді батареї не змінялася, транзистор VT10 працює в режимі стабілізації струму, що проходить через світлодіод. Через резистор R23 протікає струм розрядки конденсатора C4 при малій напрузі на світлодіоді.

Пристрій для знезараження води зібраний на печатній платі із склотекстоліту розмірами  $102 \times 55$  мм.

Тримач електродів рекомендується виконати у вигляді лопатки з ручкою і дзьобиком - гачком з органічного скла завтовшки 4...6 мм. На лопатку з двох сторін медичним клеєм БФ-6 наклеєні пластини електродів (площа поверхні одного електроду близько  $1 \text{ см}^2$ ), і через ручку виведені сполучні провідники. Місця паянь не повинні змочуватися водою. Найпридатніше для електродів технічно чисте срібло, а також побутове срібло найвищої проби. При роботі лопатка занурюється в банку з водою і стримується дзьобиком за борт банки.

При налаштуванні приладу бажану частоту перемикання електродів встановлюють підбором резистора R1, а спалахів світлодіода - підбором резистора R22. Підключивши замість електродів міліамперметр, підбором резистора R11 встановлюють струм через електроди, рівний 16 мА.

Для приготування знезараженої води необхідно помістити електроди у воду і включити живлення. Нормальний процес супроводиться миганням світлодіода. За відсутності води, розрядженій батареї, або великій відстані між електродами світлодіод горить постійно. Тривалість роботи приладу визначається його продуктивністю (1 мг/хв.), об'ємом води і потрібною концентрацією. Наприклад, при концентрації 20 мг/л і одному літрі води прилад повинен працювати протягом 20 хвилин. Після закінчення цього часу живлення слід

відключити. Приготовлену воду перемішують і витримують в темному місці 4 години, після чого вона стає придатною до вживання.

Срібна вода повинна зберігатися в темному місці, оскільки на світлі срібло чорніє і випадає в осад. В процесі експлуатації електроди також чорніють із-за окислення, але це не позначається на процесі сріблення води. Вода, яка піддавалася промислового очищенню (хлорована та ін.) має бути заздалегідь відфільтрована або відстояна протягом декількох годин для видалення хлору. Очищена вода не підлягає кип'ятінню, яке переводить срібло у фізіологічно недіючу форму.

Аналіз розробленого пристрою показує, що не дивлячись на хороші параметри (забезпечення стабільного струму через електроди 16 мА незалежно від характеристик води, відстані між електродами і напруги живлення; рівномірний знос електродів), схема має чималу кількість компонентів і енергоспоживання. Габаритні розміри плати можна зменшити застосувавши безкорпусні активні і плівкові пасивні елементи. Але поліпшення параметрів схеми можна досягти, застосувавши як вузли інтегральні мікросхеми.

## 2.2 Розробка моделі пристрою на D-тригерах

Для моделювання генератора імпульсів оберемо D-тригер – електронний пристрій з двома стійкими вихідними станами і одним інформаційним входом D. Для D-тригера скорочена таблиця істинності, словник переходів і діаграма станів приведені на рисунку 2.3 [6].

Характеристичне рівняння тригера:  $Q^{n+1} = D^n$ . Воно означає, що логічний сигнал  $Q^{n+1}$  повторює значення сигналу, встановлене на вході тригера в попередній момент часу.

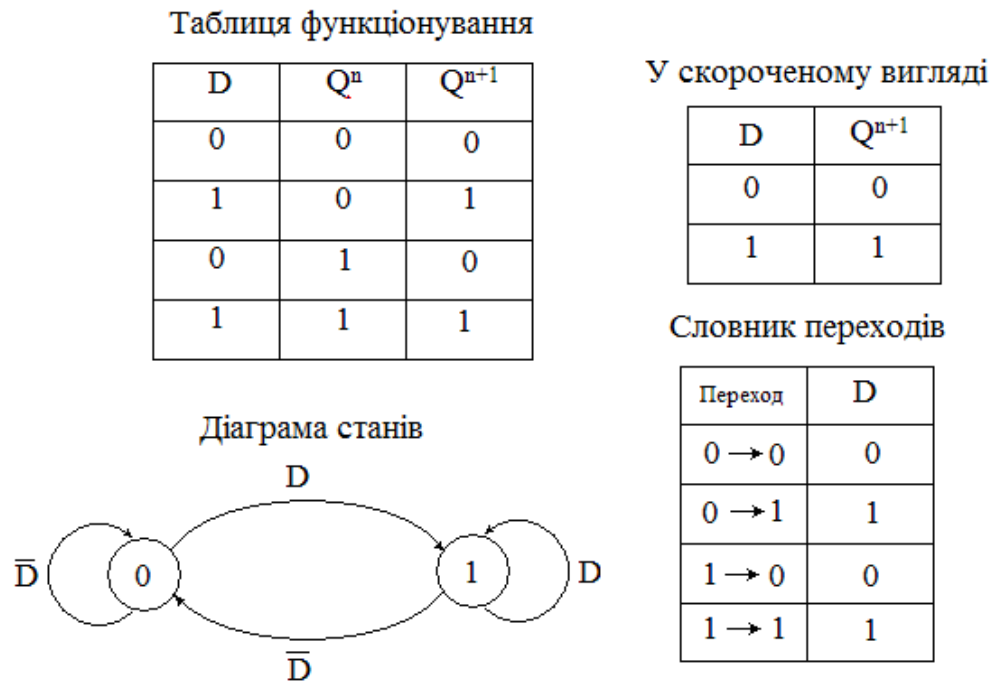


Рисунок 2.3 – Таблиця, словник і діаграма переходів D-тригера

Завдяки включенню елемента DD1 на входи RS – тригера поступають різнополярні сигнали (рис. 2.4 а), тому заборонений стан вхідних сигналів виключений, але час затримки поширення сигналу елемента DD1 має бути менше, ніж в елементів DD2 і DD3.

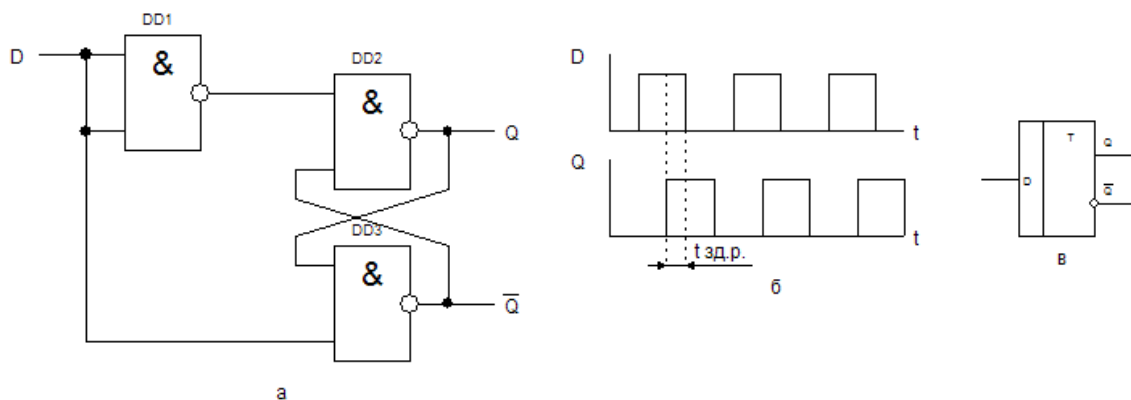


Рисунок 2.4 – Асинхронний D-тригер (а), затримка поширення імпульсу (б) і умовне графічне позначення (в)

У приведеній вище схемі D-тригера унаслідок затримки поширення сигналів сигнал на виході Q з'являється з певною затримкою, як показано на

рисунку 2.4 (б). Таким чином, в асинхронному D-тригері затримка визначається параметрами елементів схеми.

Умовне графічне зображення асинхронного D-тригера представлено на рисунку 2.4 (в).

Тактований D-тригер (рис. 2.5) встановлюється в стан лише з приходом тактующого імпульсу  $C=1$ , тому затримка тактованого D-тригера визначається часом приходу тактового імпульсу. Умовне графічне зображення тактованого D-тригера приведенне на рисунку 2.5 (б) [6].

У схемі D-тригера часто паралельно входу  $C$  виготовляється ще один вхід  $V$ , як показано на рисунку 2.6 (а). Такий тригер називається DV-тригером. При  $V=1$  DV-тригер працює як звичайний D-тригер, а при  $V=0$  як би замикається і зберігає раніше записану інформацію. Звідси його друга назва «Тригер – клямка», його умовне графічне зображення показано на рисунку 2.6 (б).

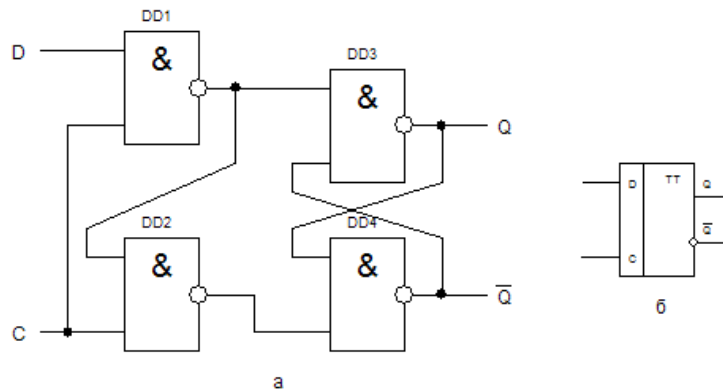


Рисунок 2.5 – Тактований D-тригер (а); умовне графічне позначення (б)

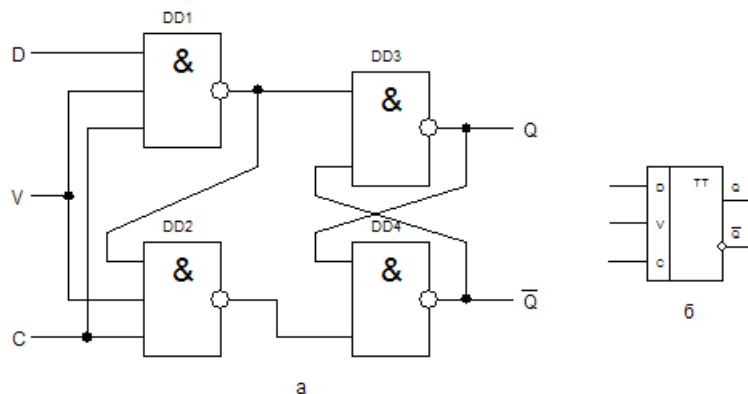


Рисунок 2.6 – Тактований DV – тригер (а); умовне графічне позначення (б)

Число станів генератора імпульсів називається довжиною послідовності чисел  $L_n$ , яка дорівнює кількості тактів, після якої послідовність чисел на виході генератора повторюється. По своїй структурі генератори імпульсів близькі або до лічильників, або до регістрів. Будь-який лічильник можна вважати генератором послідовності чисел, що має  $L_n = K_{\text{ліч.}}$ . Як правило, необхідне число розрядів генератора дорівнює числу двійкових розрядів  $m$  в числах, що генеруються. Якщо  $m > \log_2 L_n$ , то для зменшення числа використуваних тригерів структура генераторів змінюється.

Проведемо моделювання двохрозрядного генератора чисел. Так як  $L_n = 4$ , то за основу генератора можна узяти двохрозрядний лічильник с  $K_{\text{ліч.}} = 4$ , який генерує числа  $0 - 1 - 2 - 3$ . Часова діаграма роботи такого генератора приведена на рисунку 2.7

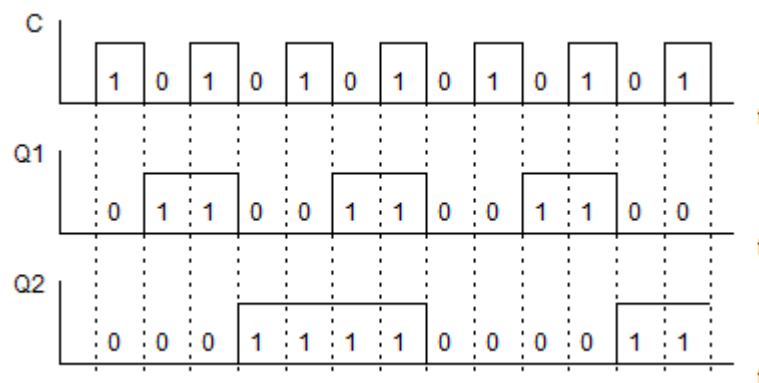


Рисунок 2.7 - Часова діаграма роботи генератора

Синтез структури генераторів послідовностей на регістрах зсуву, в першу чергу, полягає в знаходженні вигляду функцій входів.

Складемо таблицю переходів станів розрядів генератора (табл. 2.1).

Складемо карти Карно для функцій переходів тригерів кожного розряду (рис. 2.8).

Використовуючи словник переходів D-тригера, для кожного входу тригера складемо карти Карно, в клітках яких проставимо сигнали, необхідні для забезпечення переходів тригерів, вказаних в однойменних клітках карт функцій переходів (рис. 2.9) [6].



Таблиця 2.1 – Таблиця станів генератора

$x^n$	$Q_2^n$	$Q_1^n$	$Q_2^{n+1}$	$Q_1^{n+1}$
0	0	0	1	1
1	0	1	1	0
2	1	0	0	1
3	1	1	0	0

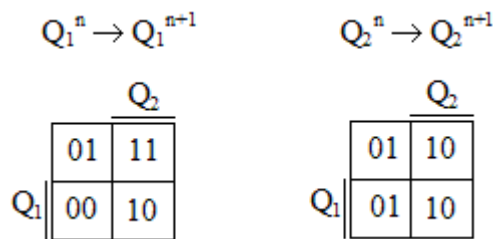


Рисунок 2.8 – Карти функцій переходів тригерів генератора

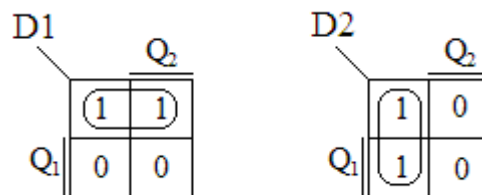


Рисунок 2.9 – Карти Карно функцій входів тригерів генератора

Проводимо мінімізацію логічних функцій входів в картах Карно з метою здобуття їх аналітичних вистав.

В результаті виходять наступні функції входів тригерів генератора:

$$D1 = \overline{Q_1}; \quad D2 = \overline{Q_2}$$

Складаємо логічну схему генератора імпульсів (рис. 2.10).

Моделювання пристрою для знезараження води виконане з використанням інтегральної мікросхеми К561ТМ2, що реалізована на КМДН – логіці. Мікросхема має невеликий струм вжитку. Пристрій можна реалізувати з використанням економічного джерела живлення і невеликих габаритних розмірів.

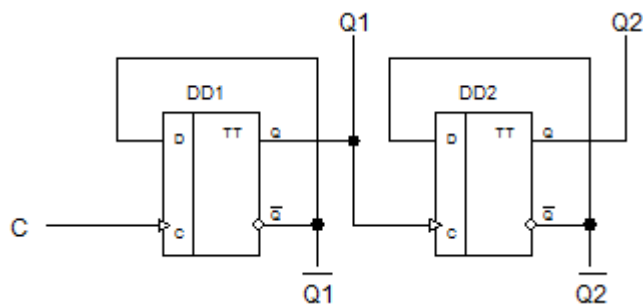


Рисунок 2.10 – Логічна схема генератора послідовності на основі регістра зсуву

Мікросхема K561TM2 містить два двоступінчатих D-тригера з динамічним управлінням (рис 2.11). Призначення виводів представлено в таблиці 2.2, алгоритм функціонування в таблиці 2.3.

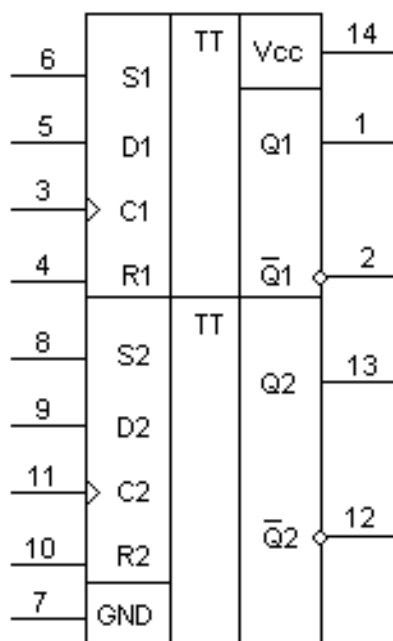


Рисунок 2.11 – Мікросхема K561TM2

Запис інформації в перший рівень тригера відбувається за наявності на вході C напруги низького рівня, а зміна перебування на виході відбувається по передньому фронту вхідного імпульсу.

Установка тригера по входах R і S примусова, тому сигнали входу синхронізації C і інформаційного входу D не змінюють перебування тригера на вході під час дії сигналів R і S.

Таблиця 2.2 – Призначення виводів мікросхеми K561TM2

Номер виводу	Призначення	Номер виводу	Призначення
1	Вихід Q1	8	Вхід «Установка 1», S2
2	Вихід	9	Вхід інформаційний D2
3	Вхід синхронізації C1	10	Вхід «Установка 0», R2
4	Вхід «Установка 0», R1	11	Вхід синхронізації C2
5	Вхід інформаційний D1	12	Вихід
6	Вхід «Установка 1», S1	13	Вихід Q1
7	Загальний GND	14	Живлення Vcc

Таблиця 2.3 – Алгоритм функціонування мікросхеми K561TM2

Входи				Виходи	
C	D	R	S	Q	$\bar{Q}$
┌	0	0	0	0	1
┌	1	0	0	1	0
└	×	0	0	Q	$\bar{Q}$
×	×	1	0	0	1
×	×	0	1	1	0
×	×	1	1	×	×

Схема електрична принципова моделі пристрою для знезараження рідин на інтегральній мікросхемі представлена на рисунку 2.12.

Мультивібратор на тригері DD1.1 служить задаючим генератором. Частота повторення його імпульсів залежить від номіналів елементів, що задають час, кіл R2C1 і R4C2. Резистори R1 і R3 лише запобігають перевантаженню виходів тригера розрядним струмом конденсаторів C1 і C2 і на частоту не впливають. Перелік елементів в **Додатку Б**.

Шпаруватість імпульсів (у даному випадку приблизно дорівнює двом) жодної ролі не грає і може бути будь-якій, оскільки тригер DD1.2 змінює свій стан лише у момент зміни низького рівня на рахунковому вході високим. Тому тривалість імпульсів на виходах тригера DD1.2 завжди залишається в точності рівній тривалості пауз між ними.

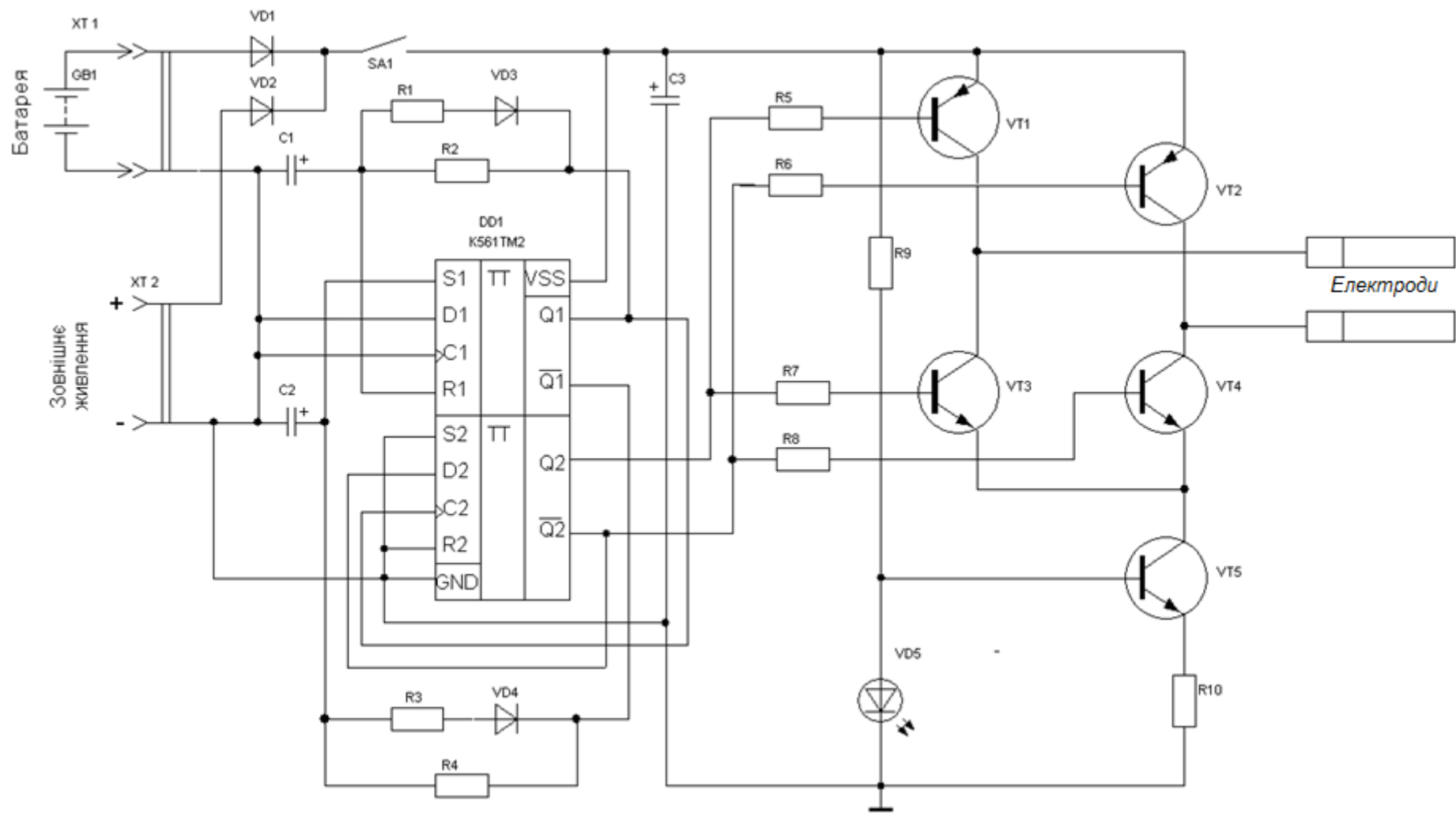


Рисунок 2.12 - Схема електрична принципова моделі пристрою на D-тригері

Дві імпульсні протифазні послідовності, що знімаються з цих виходів, управляють комутатором на транзисторах VT1 - VT4, що періодично змінює напрям струму, поточного через занурені у воду срібні електроди. Струм стабілізований транзистором VT5. Зразковим для стабілізатора служить пряме падіння напруги на світлодіоді HL1.

Живиться прилад від гальванічної батареї GB1 напругою 9...15 В або від зовнішнього джерела (через роз'єм XT2). Діоди VD1 і VD2 автоматично перемикають прилад на джерело, напруга якого більша. Вони ж захищають від помилкової полярності напруги живлення.

### 2.2.1 Моделювання печатної плати пристрою на мікросхемі

Використовуючи програмне забезпечення «LAYOUT40» була отримана топологічна схема пристрою для знезараження води.

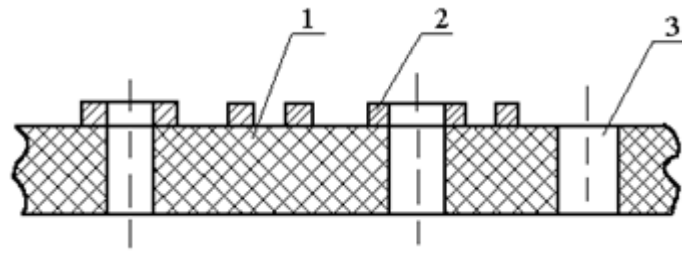
Топологія складається так, щоб для виготовлення печатної плати: була використана найбільш проста і дешева технологія; забезпечувався заданий тепловий режим і можливість перевірки компонентів в процесі виготовлення; оцінювався вплив ємкісних і індуктивних зв'язків на роботу схеми. Основним завданням при розробці топології є мінімізація площі плати, мінімізація сумарної довжини розводки і числа пересічень в ній.

Печатні плати діляться на односторонні, двосторонні, багат шарові.

Односторонні печатні плати (рис. 2.13) характеризуються: низькою вартістю, підвищеною точністю виконання провідного малюнка, відсутністю металізованих отворів, установкою виробів електронної техніки на поверхні печатної плати з протилежного боку, без додаткового ізоляційного покриття.

Двосторонні печатні плати без металізації монтажних і перехідних отворів характеризуються:

- високою точністю виконання провідного рисунка:



1 – матеріальна основа;

2 – провідний рисунок;

3 – крізний отвір

Рисунок 2.13 – Одностороння печатна плата

- низькою вартістю;
- використанням об'ємних металевих елементів конструкції для з'єднання елементів провідного рисунка, розташованих на протилежних сторонах печатної плати.

Двосторонні печатні плати з металізованими монтажними і перехідними отворами характеризуються:

- широкими комутаційними можливостями;
- підвищеною точністю зчеплення виводів навісних елементів електронної техніки з провідним рисунком плати;
- підвищеною вартістю в порівнянні з печатними платами без гальванічного з'єднання шарів.

Багатошарові печатні плати з металізацією крізних отворів характеризуються:

- наявністю міжшарових з'єднань, здійснюваних за допомогою крізних металізованих отворів, а також, в особливих випадках, за допомогою перехідних отворів, що сполучають лише внутрішні шари;
- переважним використанням однобічного фольгованого діелектрика для зовнішніх і двостороннього – для внутрішніх шарів;
- обов'язковою наявністю контактних майданчиків на будь-якому провідному шарі що має електричне з'єднання з перехідними отворами;
- низькою ремонтпридатністю;

- високою перешкодозахищеністю електричних кіл;
- високою вартістю конструкції.

Конструювання функціональних модулів на печатних платах виробляють наступними способами: моносхемним, схемно-вузловим, функціонально-вузловим.

Моносхемний спосіб застосовують для нескладної радіоелектронної апаратури. В цьому випадку вся електрична схема розташовується на одній печатній платі. Моносхемний метод має обмежене використання, оскільки дуже складні печатні плати незручні при налаштуванні і ремонті радіоелектронної апаратури.

Схемно-вузловий спосіб застосовують при виробництві масової і серійної радіоелектронної апаратури. При цьому методі частина електричної схеми, що має чіткі вхідні і вихідні кола (каскади УВЧ, блоки розгортки і т. п.), розташовується на окремій платі. Ремонтпридатність таких виробів більша. Недолік – складність системи сполучних дротів, що зв'язують окремі плати.

Функціонально-вузловий спосіб застосовують в радіоелектронній апаратурі з використанням мікроелектронних елементів. При цьому печатна плата містить провідники комутації функціональних модулів в єдину схему. На одній платі можна зібрати дуже складну схему. Недолік цього методу – різке збільшення складності печатної плати. У ряді випадків всі провідники не можуть бути розташовані на одній і навіть обох сторонах плати. При цьому використовують багат шарові печатні плати, об'єднуючі в єдину конструкцію декілька шарів печатних провідників, розділених шарами діелектрика.

Розрізняють три методи виконання печатних плат: ручний, напівавтоматизований і автоматизований.

При ручному методі розміщення виробів електронної техніки на печатну плату і трасування печатних провідників здійснює безпосередньо конструктор. Даний метод забезпечує оптимальний розподіл провідного рисунка.

При напівавтоматизованому методі конструювання можливі три варіанти:

- розміщення навісних виробів електронної техніки за допомогою комп'ютера при ручному трасуванні печатних провідників;
- ручне розміщення виробів електронної техніки при автоматизованому трасуванні печатних провідників;
- ручне розміщення виробів електронної техніки при ручному трасуванні печатних провідників з автоматизованим перенесенням рисунка на машинні носії.

Автоматизований метод передбачає:

- кодування вихідних даних;
- розміщення навісних елементів;
- трасування печатних провідників за допомогою комп'ютера.

Допускається доопрацювання окремих з'єднань уручну.

В цілях зменшення кількості технологічних операцій виготовлення печатної плати і усунення паразитної ємкості, в комутаційній схемі відсутні пересічення провідників. Провідники розташовані рівномірно за всією площею плати. У схемі допускаються пересічення провідників з резисторами, а також з балочними виводами мікросхем з ізоляцією шаром діелектрика. Така конструкційна особливість не робить вплив на працездатність схеми.

Основні розміри кожної сторони печатної плати мають бути кратними:

- 2,5 при довжині до 100 мм;
- 5,0 при довжині до 350 мм;
- 10,0 при довжині більш 350 мм.

Топологія функціональних модулів розробляється з врахуванням наступних вимог:

- відповідність принципів електричній схемі;
- максимальний розмір будь-який із сторін має бути не більше 475 мм;
- співвідношення лінійних розмірів сторін не більше 3:1;
- мінімальна ширина струмопровідних доріжок 0,3 мм;



- мінімальна відстань між доріжками 0,2 мм;
- відстань від краю плати до струмопровідної доріжки 0,5 мм.

Топологія складається так, щоб для виготовлення функціонального модуля була потрібна найбільш проста і дешева технологія, забезпечувався заданий тепловий режим і можливість перевірки компонентів в процесі виготовлення, оцінювався вплив ємкісних і індуктивних зв'язків на роботу схеми. Основним завданням при розробці топології є мінімізація площі плати, мінімізація сумарної довжини розводки і числа пересічень в ній.

Згідно всім вищеписаним вимогам розроблена топологія однобічної печатної плати (рис. 2.14), яка відноситься до третього класу точності.

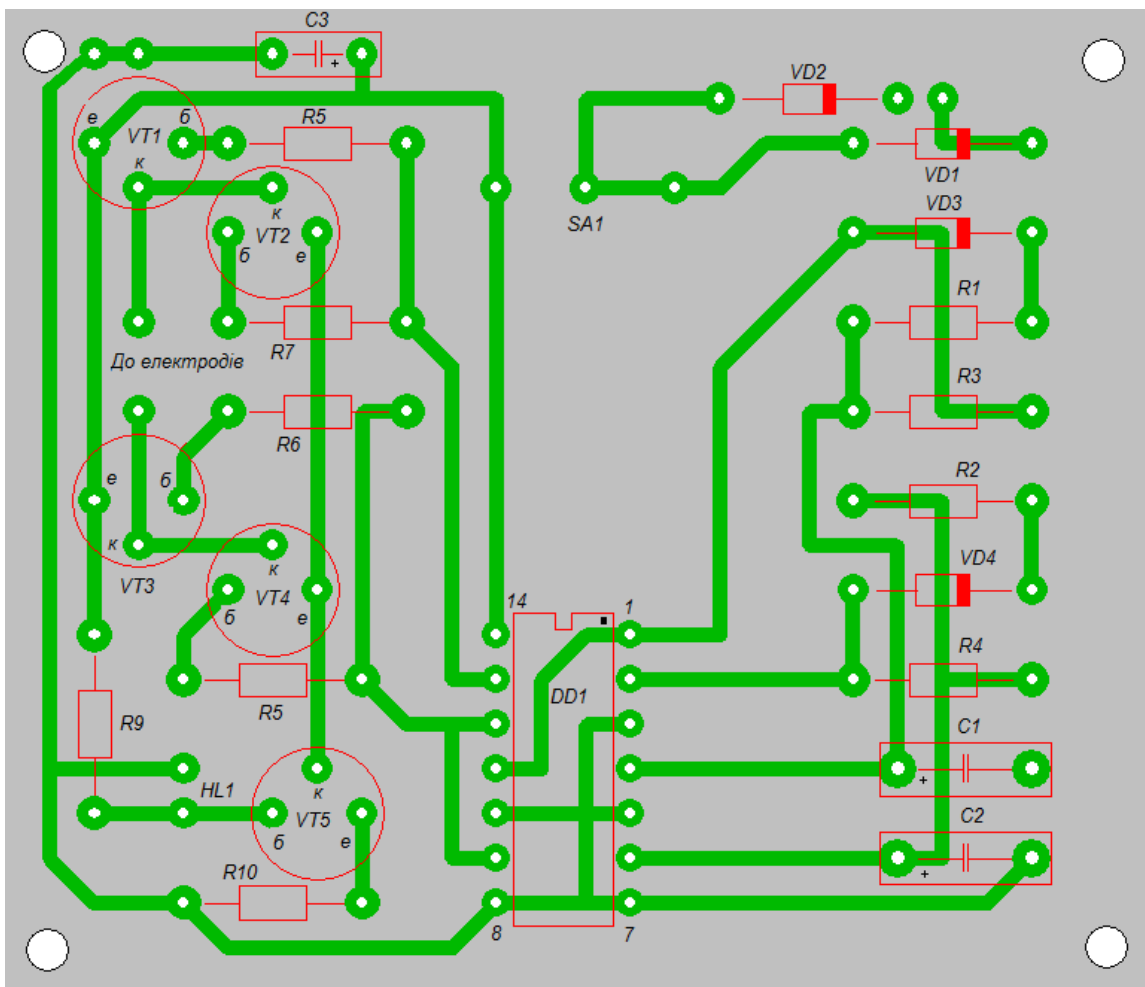


Рисунок 2.14 - Печатна плата пристрою для незараження води інтегральною мікросхемою

У схемі використані резистори МЛТ- 0,125, конденсатори С1, С2 - К53-4, К53-10, С3 - оксидний К50-35. Транзистори КТ315Г, КТ3102 з будь-яким буквеним індексом, КТ361Г, КТ3107 з будь-яким буквеним індексом. Вимикач SA1 - ПД9-2, розетки ХТ1, ХТ2 - ОНЦ-ВГ-5-16.

Тримач електродів такий же, як в схемі на дискретних елементах. Він є "лопаткою" з органічного скла завтовшки 4...6 мм, на яку з двох сторін наклеєні пластини площею приблизно по 1 см<sup>2</sup> з срібла (чистого технічного або ювелірного найвищої проби). Місця паяння до пластин-електродів сполучних дротів повинні знаходитися вище за рівень води.

Зібрану плату розміщено в корпус відповідних розмірів, разом з батареєю GB1. При налагодженні пристрою, резистором R10 встановлювався струм в колі електродів рівний 16 мА. При такому струмі продуктивність приладу - 1 міліграм розчиненого срібла в хвилину. Знаючи її і об'єм води в судині, обчислювалась потрібна для здобуття бажаної концентрації металу тривалість обробки.

Стабілізатор струму можна зібрати на інтегральному стабілізаторі КР1170ЕНЗ, як показано на рисунку 2.15, виключивши з схеми (рис. 2.12) резистор R9, світлодіод HL1 і транзистор VT5. Як і раніше, струм встановлюється резистором R10.

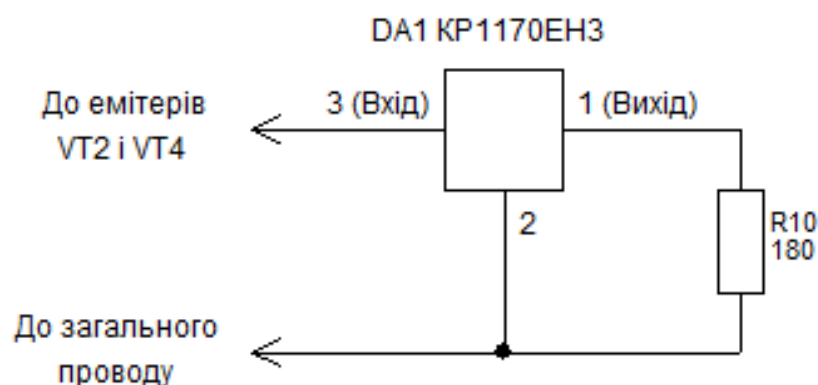


Рисунок 2.15 - Стабілізатор струму

## 2.2.2 Аналіз функціонування пристрою для виготовлення електролізних розчинів срібла

Аналіз функціонування пристрою проводився з використанням програмного застосування Electronics Workbench (рис. 2.16). Моделювалися основні вузли схеми. Аналізувалася робота задаючого генератора, управління комутатором імпульсними послідовностями. Частота імпульсів задавалася зміною параметрів кіл, що задають час R2, C4 і R4, C2 (рис. 2.17). Струм на електродах має стабільне значення 16 мА. Світлодіод сигналізує про зміну полярності на електродах.

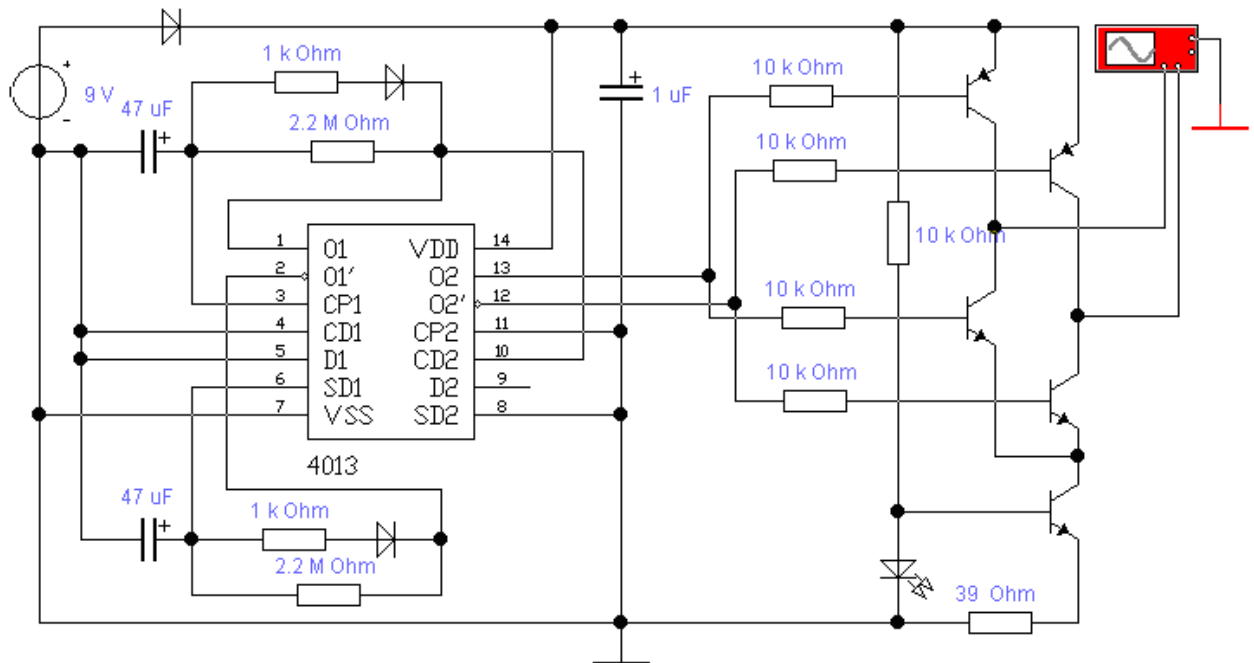


Рисунок 2.16 – Аналіз функціонування схеми в програмному застосуванні Electronics Workbench

Аналіз показує, що пристрій функціонує відповідно до заданих вимог. Недоліком розробки є великі габаритні розміри із-за вживання батарейного живлення. Пристрій не компактний, оскільки застосовується виносний електрод.

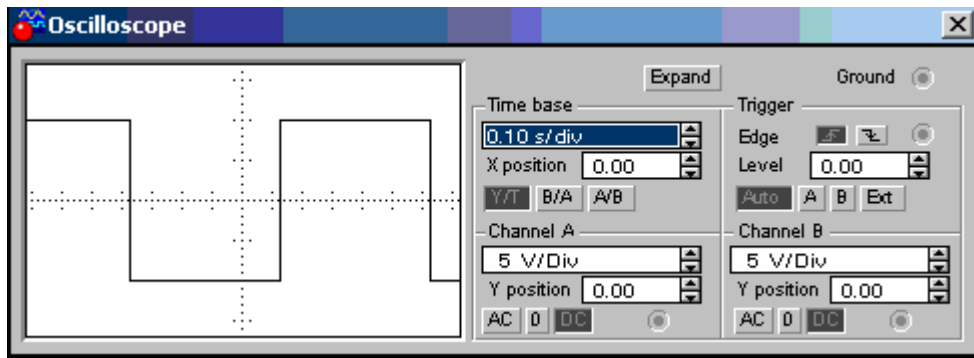


Рисунок 2.17 – Осцилограма вихідного сигналу пристрою для виготовлення електролізних розчинів срібла

### 2.3 Модернізація розробленого пристрою

Подальша модернізація пристрою для виготовлення електролізних розчинів срібла велася у напрямі спрощення схеми електричної принципової і об'єднання електродів з платою в одному корпусі. У розробці проаналізована можливість використання малогабаритних навісних елементів. Критичним розміром для корпусу є розмір джерел живлення. У пристрої застосовані дві літєві акумуляторні батареї CR2032 напругою 3В. Діаметр акумулятора 2 см, товщина 2 мм.

Ідея модернізації полягає у вживанні одного срібного електроду. Це здешевить конструкцію. Другий електрод нікелевий. Функціональний пристрій є таймерною схемою, який працює при зануренні електродів в середу, що має провідність (рис. 2.18). Час роботи при кожному зануренні дорівнює одній хвилині, струм, який протікає через електроди 2,5 мА.

$$M = 1,118 \times I \times T \times K = 1,118 \times 0,0025 \times 0,9 = 0,15 \text{ (мг)}$$

При цьому в незаражувану воду при електролізі вирушає з електроду 0,15 мг/л Ag (табл. 2.4) за один цикл (рис. 2.19).

Така методика дозволяє отримати консервовану воду в невеликих об'ємах, яку надалі можна використовувати для побутових і лікувальних цілей.

Питна вода придатна для повсякденного вживання з концентрацією срібла 0,05 мг/л.

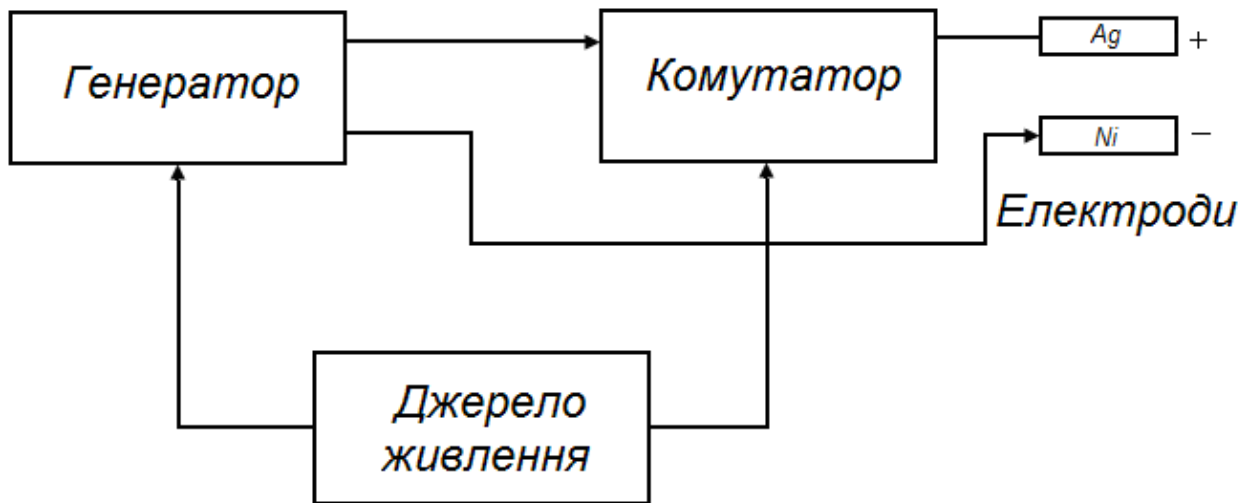


Рисунок 2.18 – Функціональна схема портативного пристрою для виготовлення електролізних розчинів срібла

Таблиця 2.4 – Концентрація Ag в об'ємі незараженої води за один цикл роботи пристрою

V, л	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
N, мг	1,50	0,75	0,50	0,38	0,30	0,25	0,21	0,19	0,16	0,15
V, л	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
N, мг	0,14	0,13	0,12	0,11	0,1	0,09	0,088	0,083	0,078	0,075
V, л	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0
N, мг	0,071	0,068	0,065	0,062	0,06	0,057	0,055	0,053	0,051	0,05

Бактерицидні здібності срібла виявляються вже при концентраціях 0,00001 мг/л, що набагато менше гранично допустимої концентрації срібла у воді - 0,05 мг/л.

Лікувальні властивості срібла не вичерпуються антисептичним аспектом. Разом із згубною дією на мікроорганізми, медиками доведений позитивний вплив срібла на процеси життєдіяльності людини і тварин.

"Срібна вода" виявляється корисною при лікуванні виразкової хвороби шлунку і дванадцятипалої кишки, хронічного гастриту, ентероколіту, при хворобі Крона, при уретритах, простатитах і циститах різної етіології, при гострій кишковій інфекції.

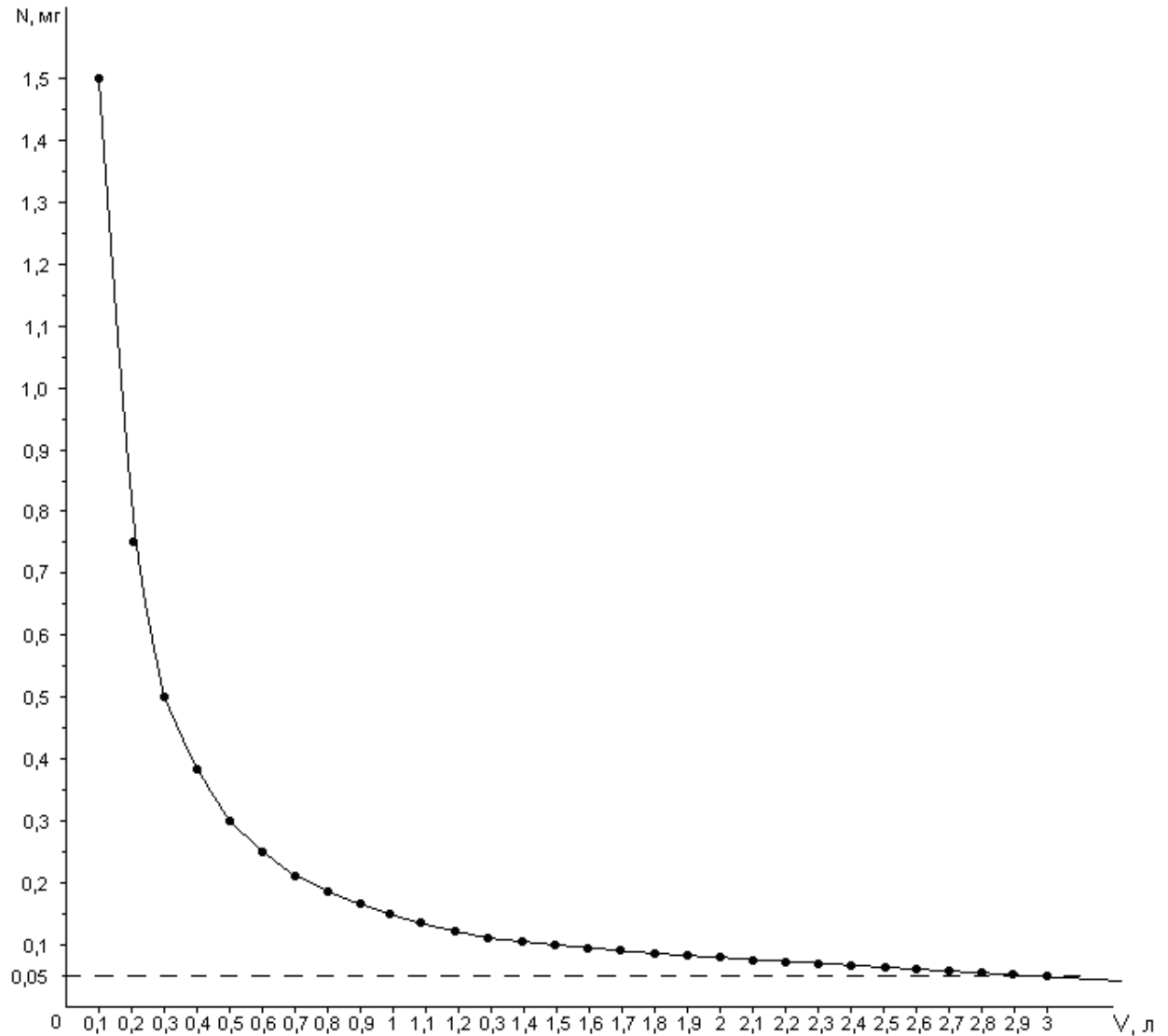


Рисунок 2.19 – Залежність концентрації Ag в питній воді, яка очищується, від об'єму за один цикл роботи пристрою

Схема електрична принципова портативного пристрою для знезараження питної води представлена на рисунку 2.20. Перелік елементів в **Додатку В**.

При зануренні електродів у воду, яка має провідність, між ними протікає струм і тим самим замикається коло. Струм протікає через відкритий транзистор VT2 і коло заряду конденсатора R6, R5, C1 на мінус джерела живлення.

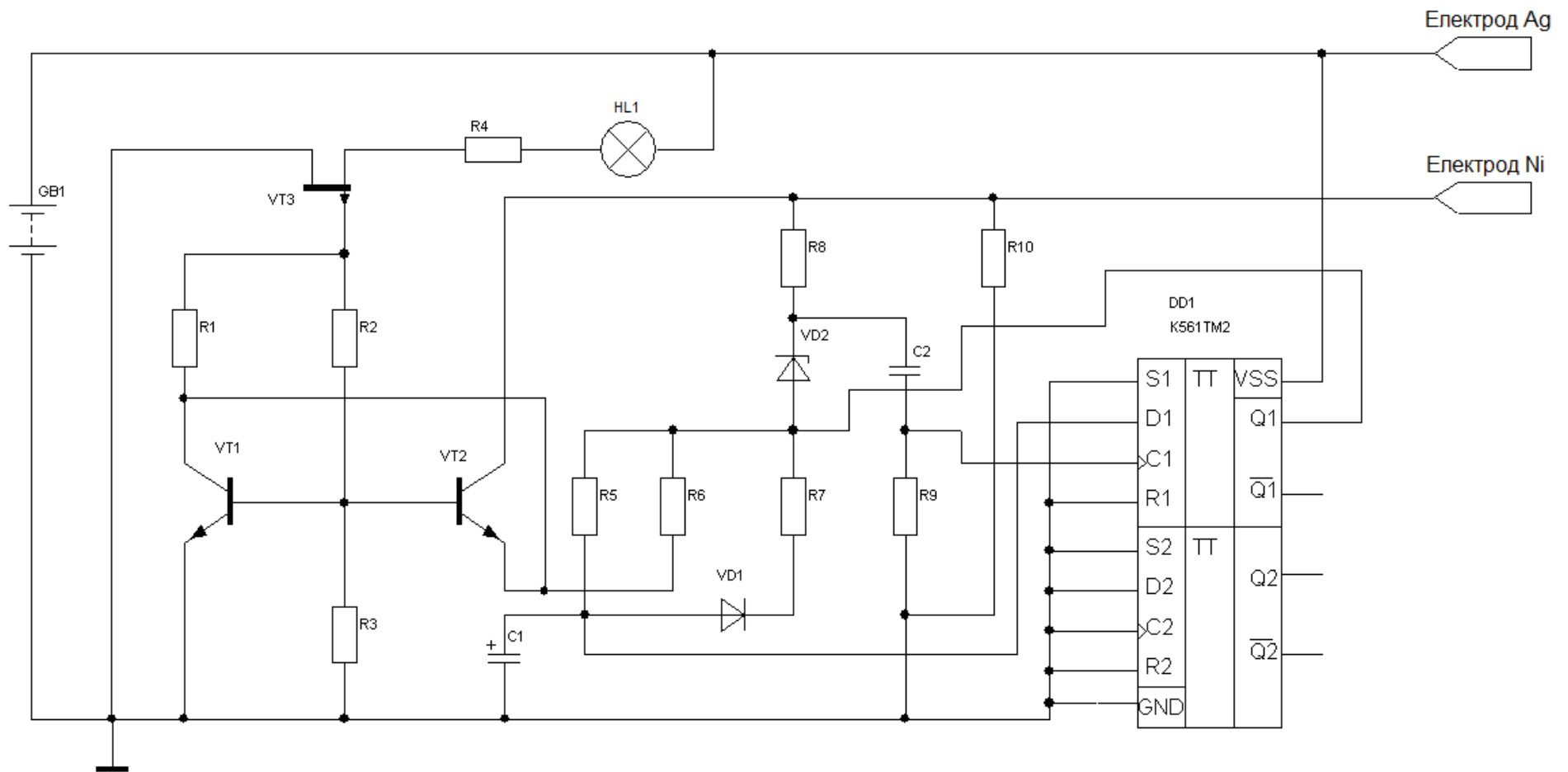


Рисунок 2.20 – Схема електрична принципова портативного пристрою для знезараження рідин електролітичними розчинами срібла

Низька напруга емітерного переходу транзистора VT2 підпирає колектор транзистора VT1 і він закривається. Низький потенціал на затворі транзистора VT3 відмикає його, що дозволяє протікати струму через індикатор HL1, резистор R4, канал транзистора VT3 на мінус джерела живлення. При цьому індикатор спалахує, що відповідає циклу роботи пристрою. У мікросхемі DD1 K561TM2 задіяний лише один D-тригер, що дозволяє понизити споживану схемою потужність від джерела живлення. На вхід C1 D-тригера подається стабілізована напруга високого рівня. На вході D1 – спочатку потенціал низького рівня. На виході Q1 тригера потенціал низького рівня, який стабілізує рівень сигналу на вході C1. Протягом хвилини при протіканні струму через коло VT2, R6, R5, C1 відбувається електролітична реакція і заряджає конденсатор C1. Як тільки конденсатор заряджав, потенціал високого рівня поступає на вхід D1 тригера, а на виході Q1 формується високий потенціал, який підпирає стабілітрон VD2 і емітер транзистора VT2, транзистор закривається, що перешкоджає протіканню струму між електродами. Високий потенціал на колекторі транзистора VT1 відкриває його і замикає транзистор VT3. При цьому гасне індикатор HL1 і цикл роботи припиняється. При необхідності відновити цикл необхідно витягувати пристрій з води. При цьому конденсатор C1 розрядиться через коло VD1, R7, VT1 і через деякий час пристрій знову готовий до роботи. В розробленого портативного пристрою відсутнє зовнішнє живлення. Використані акумуляторні батареї самовідновлюються і їх потужності вистачає на весь термін роботи пристрою до значного руйнування срібного електроду. Це дозволяє виконати корпусні деталі нерозбірними, а корпус герметичним.

### 2.3.1 Аналіз функціонування портативного пристрою для виготовлення електролізних розчинів срібла

Аналіз функціонування розробленого портативного пристрою для знезараження питної води вироблявся в програмному застосуванні Electronics



Workbench (рис. 2.21) і на макетному стенді. Основна увага приділялася величині струму, що протікає через провідне середовище знезараженої води і підбору кола, що задає час заряду конденсатора C1.

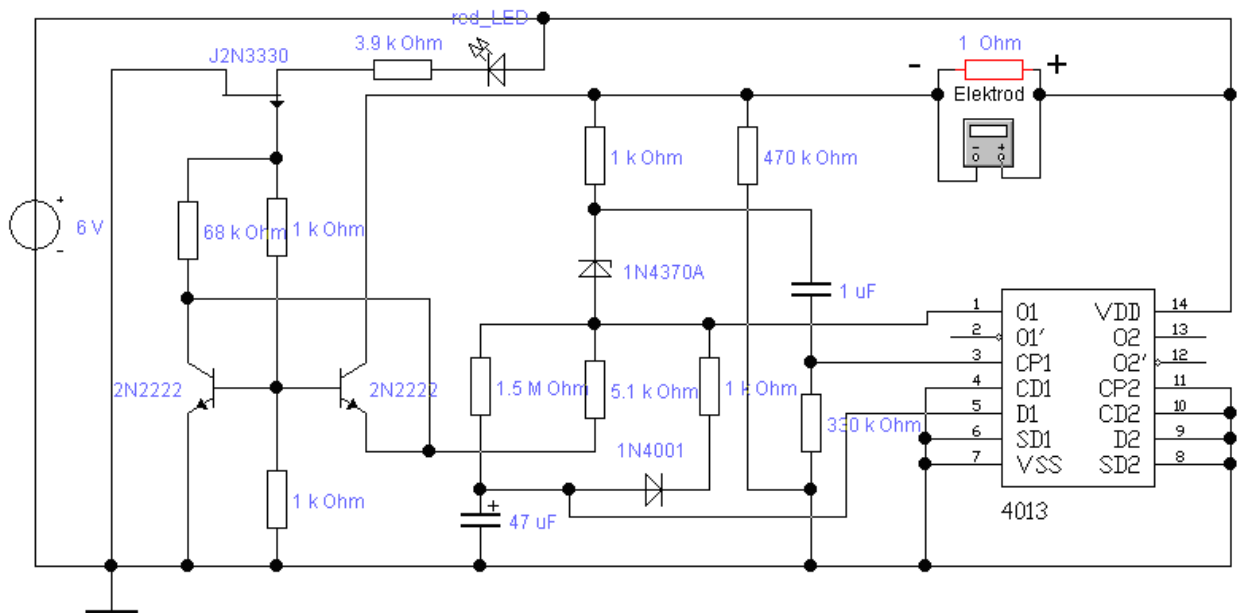


Рисунок 2.21 – Аналіз функціонування розробленого пристрою в програмному застосуванні Electronics Workbench

Моделювання виконувалося із заміною елементної бази розробленого пристрою зарубіжними аналогами. Аналіз показує, що функціонування пристрою відбувається відповідно до заданих параметрів.

## 2.4 Моделювання конструкції портативного пристрою для виготовлення електролізних розчинів срібла

### 2.4.1 Аналіз перспектив використання навісних елементів СМД в пристрої

Причини використання СМД (surface mount device) елементів замість плівкових елементів можна розбити на наступні категорії. Чипи часто використовують:

- із-за неможливості здобуття необхідних робочих характеристик за допомогою плівкових елементів;
- у зв'язку з економією площі;
- для ремонту готової схеми;
- для зручності, наприклад при макетуванні;
- з міркувань економії засобів.

Якщо ситуація, що склалася, відповідає одній з вищезазначених категорій те покупка чипів виявиться більш переважною, ніж виготовлення схем з плівковими елементами.

Розглянемо конкретні випадки, коли переважно використовувати чипи [6].

Для забезпечення відповідності технічним умовам. Трапляється, що товсто- або тонкоплівкові варіанти резисторів або конденсаторів не можуть забезпечити необхідні робочі характеристики. Тоді у виробника схеми не залишається іншого вибору, окрім вживання чипів (або звичайних дискретних елементів).

Хоча плівкові конденсатори достатньо гарні, часто вони не можуть забезпечити необхідний температурний коефіцієнт, добротність ( $Q$ ) або допуск.

Багатошарові керамічні чипи можуть перевершувати товсто- або тонкоплівкові елементи у багатьох відношеннях – у них хороші температурні коефіцієнти, вище значення  $Q$  і тому подібне. Оскільки підгонка ємності використовується недостатньо широко, а часто і зовсім нездійснима при створенні товсто- або тонкоплівкових ПС, то вимоги жорстких допусків відносно номіналів можна задовольнити лише при вживанні дискретних чипів. Найчастіше застосовуються багатошарові керамічні конденсаторні чипи, оскільки плівкова технологія не може забезпечити потрібних робочих характеристик.

Резистори як товстоплівкових, так і тонкоплівкових ІС володіють прекрасними робочими характеристиками. Для виробництва більшості чипів також використовується товсто- або тонкоплівкова технологія. З метою еконо-

мії площі застосовують також і чипові резистори. Для тонкоплівкового резистора дуже великого номіналу потрібна значна довжина (при цьому може виникнути необхідність в багаточисельних меандрах). Хоча тонкоплівкова технологія забезпечує створення тонких ліній, для резисторів з високими значеннями номіналів потрібна дуже велика площа. Великий питомий опір товстоплівкових матеріалів дозволяє набувати високих значень номіналів резисторів на площі в декілька квадратів, тобто на досить маленькому чипі. Опори порядку  $10^6$  Ом і вище легко реалізуються у вигляді товстоплівкових чипів із стороною квадрата 1,25 мм.

Конденсаторні чипи застосовуються в цілях економії площі набагато частіше, ніж чипи резисторів. Тонкоплівкові конденсатори ємністю більше 2000 pF займають надто багато місця. Для здобуття ємкості до 10 nF виробники товстоплівкових схем можуть користуватися пастами, які наносяться трафаретною печаттю, з високим  $\epsilon$ , але можна також застосовувати і чипи.

Якщо схема майже готова, особливо якщо змонтовані активні елементи, то заміна непридатного плівкового елемента чиповим резистором або конденсатором переважна ніж повна заміна схеми. Зазвичай причиною відмови служать неправильно підігнані резистори і закорочені конденсатори. При цьому основна проблема полягає в тому, що зазвичай важко знайти місце для монтажу придатного чипа. Крім того, може не виявитися відповідного контактного майданчика.

Число використовуваних для цієї мети чипів невелике, хоча вигода від їх вживання може виявитися вельми значною.

У деяких ситуаціях можна по вибору використовувати як чипи, так і інші елементи.

Може виявитися зручним використовувати чипи для макетування - навіть якщо в остаточному варіанті схеми застосовуватимуться товстоплівкові або напилені у вакуумі елементи. Чипи, виконані з того ж матеріалу (наприклад, товстоплівкові чипи резисторів), дозволяють отримати на макеті робочі характеристики які точно відображають параметри остаточного варіанту

схеми, чим в разі виготовлення макету на дискретних елементах, виконаних з різних матеріалів.

Часто пасивні чипи використовують для того, щоб скористатися тим або іншим технологічним процесом, або уникнути процесу, технологія якого недостатньо відпрацьована.

Чипові конденсатори часто застосовують, навіть коли вигідніше використовувати товстоплівкові елементи. Зазвичай це робиться тоді, коли виробник не має досить досвіду у використанні різних методів, необхідних для виготовлення товстоплівкових конденсаторів.

Існують два загальних випадки, коли чиповий елемент використовують для заміни плівкового з міркувань економії:

- при випуску малими серіями;
- коли одночасно можна виготовити лише один або два елементи за один технологічний прийом.

Якщо випускається невелика серія, то набагато дешевше купити декілька чипів, чим набувати фотошаблони або трафарети і витратити засоби на виробництво товстоплівкових або тонкоплівкових елементів.

Кількість елементів, які одночасно виготовляються. Ще одним важливим чинником, який впливає на вартість плівкових резисторів або конденсаторів, є кількість елементів, які можна виготовити одночасно. Вартість плівкових ІС майже не залежить від числа виготовлених однотипних елементів – для виготовлення десяти товстоплівкових резисторів потрібно не більше витрат, чим на виготовлення одного. Це не відноситься до витрат на підгонку резисторів і конденсаторів до номіналу.

Крім того, слід враховувати разові витрати, коли одночасно виготовляють більш за один елемент. Це витрати на трафарети, маски, трудові витрати і т. п., які в основному не залежать від кількості резисторів або конденсаторів, що виготовляються за якийсь період часу.

Якщо партія, яка випускається, не дуже велика, то виготовлення лише одного резистора або конденсатора за цикл трафаретної печаті (або цикл ви-

пару) менш прийнятно, чим вживання дискретних чипів. Проте якщо одночасно можна виготовити два або три елементи, то перевага залишається на стороні плівкових елементів.

#### 2.4.2 Моделювання топології печатної плати

Перша модель виконана на однобічному фольгованому текстоліті розміром  $20 \times 120$  мм (рис. 2.22).

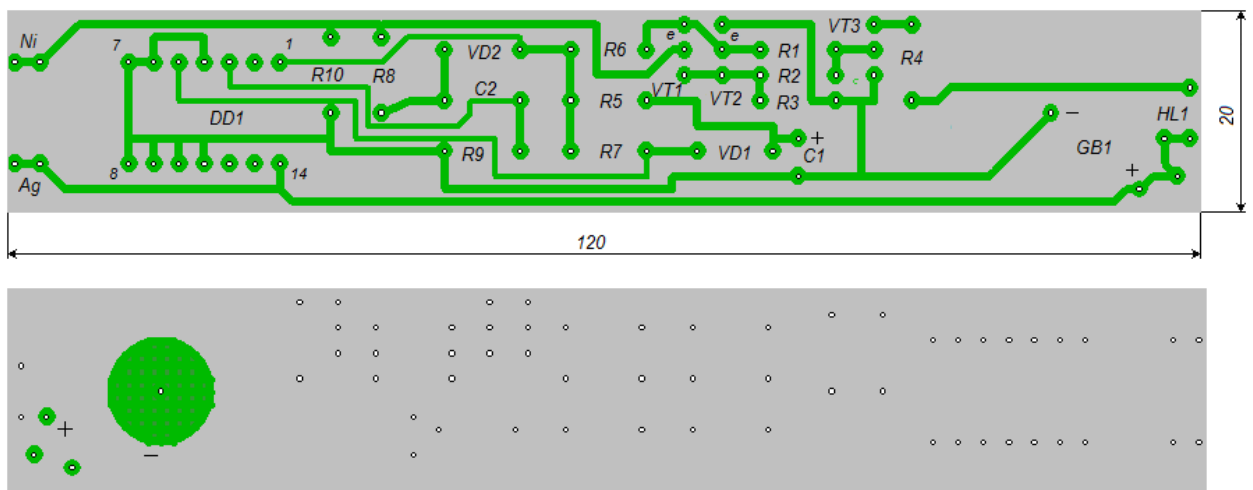


Рисунок 2.22 – Печатна плата пристрою для знезараження рідин електролітичними розчинами срібла

У платі передбачено місце під акумуляторні батареї CR2032. Плюсовий полюс підключається через пружинний контакт. Електроди впаяні в плату в двох точках, що забезпечує жорсткість і фіксовану відстань між ними. Елементна база пристрою розміщена на стороні вільною від фольги (рис. 2.23).

Корпус пристрою для знезараження рідин електролітичними розчинами срібла виконаний з харчової пластмаси (рис. 2.24).

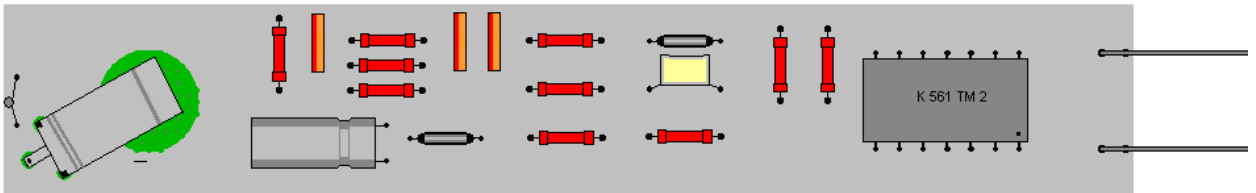


Рисунок 2.23 – Печатна плата пристрою з навісними елементами

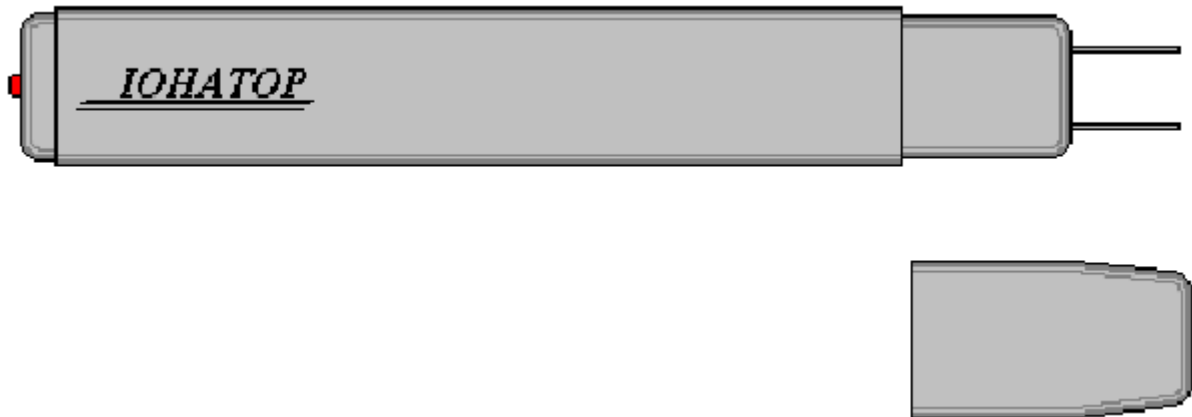


Рисунок 2.24 – Корпус пристрою із захисним ковпачком

Світлодіод виведений на торцеву поверхню. Плата розміщена в корпусі. Електроди проходять через технологічні отвори, після чого пластмаса оплавляється. Порожнина корпусу залита парафіном для захисту елементів схеми від проникнення вологи. У верхній частині корпусу можливо розмістити наповнювач з пінопласту для забезпечення плавучості пристрою при незараженні рідин в глибоких ємкостях.

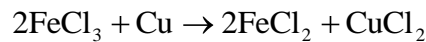
#### 2.4.3 Моделювання топології печатної плати на СМД елементах

Конструктивно пристрій виконується на двосторонній печатній платі з фольгованого склотекстоліту завтовшки 1,5 мм. Для спрощення технологічного процесу використано склотекстоліт FR-4, який поставляється з вже нанесеним шаром позитивного фоторезисту, захищеним спеціальною захисною плівкою.

Фотошаблони для виготовлення печатної плати роздруковуються на лазерному принтері з роздільною здатністю не менше 600 dpi (точок на дюйм) на прозорій плівці або папері з подальшою обробкою просвітлювачем TRANSPARENT 21.

Після експонування плати проявляються в 0,7%-ному розчині NaOH. Час прояву 30...60 секунд залежно від експозиції і температури розчину.

Травлення Cu проводиться в розчині хлориду заліза (III) який набув поширення завдяки низькій вартості і високій швидкості травлення. Розчин має наступний склад: 500 г/л FeCl<sub>3</sub>, 4–6% HCl. При температурі 35...50 °С швидкість травлення Cu складає 50 мкм/хв. Розчинення Cu відбувається відповідно до реакції



Топологія печатної плати розроблена на ЕОМ за допомогою програми Sprint Layout 4.0, безпосередньо з якою і друкуються фотошаблони. Розроблена топологія печатної плати для установки СМД елементів представлена на рисунку 2.25. Розташування навісних елементів СМД представлено на рисунку 2.26.

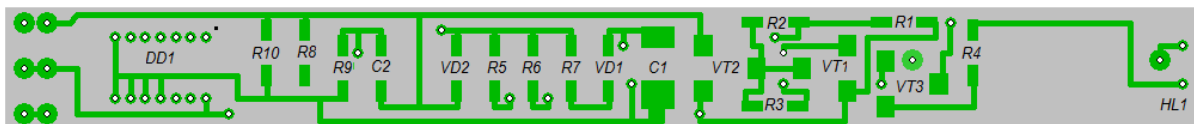
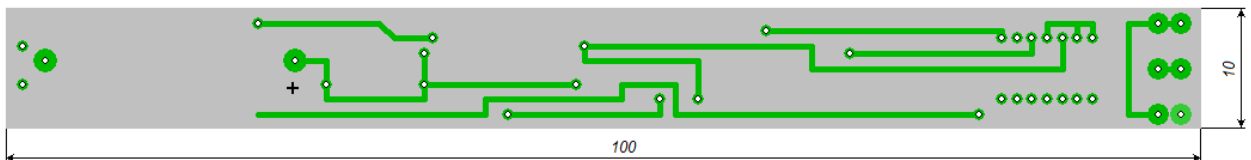


Рисунок 2.25 – Топологія печатної плати на СМД елементах

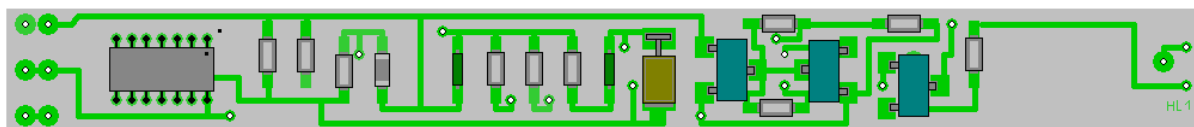


Рисунок 2.26 – Печатна плата з СМД елементами

Розроблена електрична схема пристрою для знезараження рідин електролітичними розчинами срібла володіє автономним живленням, малою споживаною потужністю, електробезпекою, що істотно відрізняє її від існуючих аналогів.

Вживання сучасної елементної бази дозволяє виконати пристрій портативним і зручним в експлуатації.

Аналіз функціонування пристрою показав відповідність параметрів заданим технічним умовам.

Залежно від використання отриманої іонізованої води по розрахованих графіках можна визначити необхідну концентрацію.

Подальша модернізація і вживання СМД елементів дозволяє виконати пристрій для знезараження рідин електролітичними розчинами срібла компактнішим і порівняним з розмірами авторучки.



### 3 Техніко-економічне обґрунтування розробки портативної мікроелектронної системи знезараження питної води

#### 3.1 Обґрунтування вибору технології виготовлення портативної мікроелектронної системи знезараження питної води

Топологічний аналіз показує, що пристрій може бути реалізований у вигляді малогабаритного мікромодуля і виконаний за сучасною маловитратною технологією тонкоплівкових гібридних мікроборок, або за технологією печатних плат на фольгованому текстоліті. Обидві технології передбачають, що всі елементи будуть навісними, а напиленням на підкладці, або травленням поверхні виконується лише струмопровідний шар.

Для вибору технології виготовлення портативної мікроелектронної системи знезараження питної води проаналізуємо ієрархії чотирьох варіантів (табл. 3.1), враховуючи шкалу відносної важливості (табл. 3.2) [17].

*Таблиця 3.1 - Можливі варіанти технологій виробництва пристрою*

Технологія		Короткий опис
A	Технологія печатних плат на фольгованому текстоліті	Активні та пасивні елементи схеми навісні, а струмопровідний шар виконано травленням фольгованого текстоліту.
B	Толстоплівкових гібридних інтегральних схем	Всі елементи та між елементні з'єднання виконані у вигляді товстих композитних плівок.
C	Тонкоплівкових гібридних інтегральних схем	Всі елементи та між елементні з'єднання виконані у вигляді тонких плівок провідних та резистивних матеріалів.
D	Тонкоплівкових гібридних мікроборок	Активні та пасивні елементи схеми навісні, а струмопровідний шар виконано у вигляді тонких плівок.

Таблиця 3.2 - Шкала відносної важливості

Інтенсивність відносної важливості	Визначення
1	рівна важливість
3	помірна перевага
5	сильна перевага
7	значна перевага
9	дуже сильна перевага
2,4,6,8	проміжні судження

Вибір робимо за критеріями, наведеними в таблиці 3.3.

Встановлюємо відносну вагу кожного критерію на основі матриці попарних порівнянь для обраних критеріїв (табл. 3.3) [17].

У матриці прийняті наступні позначення:  $i$  – номер критерію; при порівнянні 6-ох критеріїв (табл. 3.3)  $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ ;  $X_i$  - локальний пріоритет, тобто відносна вага  $i$ -го критерію в глобальному критерії:

Таблиця 3.3 – Попарне порівняння критеріїв

Критерій	1	2	3	4	5	6	$\sqrt[6]{\prod_{i=1}^6 \omega_i}$	$X_i$
1. Швидкодія	1	1/3	3	1/7	1/5	3	0,664	0,073
2. Завадостійкість	3	1	3	1/3	1/7	3	1,042	0,116
3. Споживання	1/3	1/3	1	1/5	1/7	3	0,460	0,051
4. Площа	7	3	5	1	1/5	7	2,297	0,254
5. Сумісність	5	7	7	5	1	5	4,277	0,473
6. Вартість	1/3	1/5	1/3	1/7	1/5	1	0,293	0,033
	$\Sigma$						9,033	1,00

Далі аналогічно складаємо 6 матриць попарних порівнянь альтернатив стосовно кожного критерію (табл. 3.4 - 3.9). Оскільки тепер порівнюються 4 технології по одному критерію, то  $i = 1, 2, 3, 4$ .

$$X_i = \frac{\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}}{\sum_{i=1}^4 \sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}},$$

де  $\sum$  - сума по стовпці  $\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$ .

Таблиця 3.4 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «швидкості»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	$X_i$
A	3	1/5	1	3	1,16	0,19
B	5	1	7	7	3,96	0,65
C	1/3	1/7	1	1/2	0,39	0,07
D	1/3	1/7	2	1	0,56	0,09
	$\Sigma$				6,07	1,00

Таблиця 3.5 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «завадостійкість»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	$X_i$
A	1	5	1	1/3	1,14	0,21
B	1/5	1	1/5	1/7	0,48	0,09
C	1	5	1	1/3	1,56	0,29
D	3	7	3	1	2,20	0,41
	$\Sigma$				5,37	1,00

Таблиця 3.6 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «споживання»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	$X_i$
A	1	5	1/5	1/7	0,61	0,09
B	1/5	1	1/7	1/9	0,24	0,04
C	5	7	1	1/3	1,85	0,29
D	7	9	3	1	3,71	0,58
	$\Sigma$				6,41	1,00

Таблиця 3.7 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «площа»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	$X_i$
A	1	5	3	5	0,99	0,21
B	1/5	1	1/3	1/2	0,24	0,05
C	1/3	3	1	3	2,03	0,43
D	1/5	2	1/3	1	1,47	0,31
	$\Sigma$				4,73	1,00

Таблиця 3.8 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «сумісність»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	$X_i$
A	1	5	1/3	1/5	0,76	0,13
B	1/5	1	1/7	1/9	0,24	0,04
C	5	7	1	1/2	2,41	0,41
D	3	9	2	1	2,47	0,42
	$\Sigma$				5,88	1,00

Таблиця 3.9 - Порівняння альтернатив стосовно критерію «вартість»

Технологія	A	B	C	D	$\sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 \omega_i}$	$X_i$
A	1	3	5	6	3,08	0,56
B	1/3	1	3	4	1,41	0,26
C	1/5	1/3	1	2	0,60	0,11
D	1/6	1/4	1/2	1	0,38	0,07
	$\Sigma$				5,47	1,00

Глобальний пріоритет для кожної альтернативи обчислюється як сума добутків кожного локального пріоритету на його ваговий коефіцієнт (табл. 3.10) [17].

З порівняння глобальних пріоритетів різних технологій видно, що найбільшим є пріоритет у варіанта реалізації портативної мікроелектронної системи знезараження питної води з використанням технології печатних плат на фольгованому текстоліті.

Таблиця 3.10 - Глобальний пріоритет для кожної альтернативи

Пріоритети	№1	№2	№3	№4	№5	№6	Глобальний
Вага	0,073	0,116	0,051	0,254	0,473	0,033	
Печатних плат на фольгованому текстоліті	0,07	0,29	0,29	0,43	0,41	0,11	0,360
Толстоплівкових гібридних інтегральних схем	0,65	0,09	0,04	0,05	0,04	0,26	0,100
Тонкоплівкових гібридних інтегральних схем	0,19	0,21	0,09	0,21	0,13	0,56	0,176
Тонкоплівкових гібридних мікроборок	0,09	0,41	0,58	0,31	0,42	0,07	0,364

За допомогою методу аналізу ієрархій проведено порівняння чотирьох типів технологій реалізації електронної схеми пристрою за наступними критеріями: 1) швидкодія; 2) завадостійкість; 3) споживана потужність; 4) площа, займана на кристалі; 5) сумісність; 6) вартість. Найбільший локальний пріоритет у критерію «сумісність» (табл. 3.3). За даними таблиці 3.9 локальний пріоритет за критерієм «вартість» є найвищим для технології печатних плат на фольгованому текстоліті. Проте найбільший глобальний пріоритет мають технологія тонкоплівкових гібридних мікроборок та печатних плат на фольгованому текстоліті. Саме технологія печатних плат на фольгованому текстоліті й буде використовуватися для виготовлення портативної мікроелектронної системи знезараження питної води.

### 3.2 Розрахунок витрат на виробництво портативної мікроелектронної системи знезараження питної води

Витрати на матеріали і напівфабрикати вказані в таблиці 3.11. Витрати на матеріали і напівфабрикати склали 153,49 грн.

Таблиця 3.11 – Розрахунок вартості матеріалів на виробництво портативної мікроелектронної системи знезараження питної води

Найменування матеріалу	Одиниця виміру	Кількість ед/цикл	Ціна за од., грн.	Всього витрат, грн.
K561TM2	шт.	2	18,11	36,22
Вимикач ПД9-2	шт.	1	10,77	10,77
KP1170ЕНЗ	шт.	1	14,04	14,04
Розетки ОНЦ-ВГ-5-16	шт.	2	10,04	22,08
Транзистори КТ315Б	шт.	8	2,40	19,20
Транзистори КТ3107	шт.	8	2,40	19,20
Резистор пост.	шт.	45	0,01	0,45
Конденсатор пост.	шт.	20	0,10	2,00
Конденсатор електр.	шт.	2	0,60	1,20
Діоди	шт.	6	0,51	3,06
Індикатор АЛС318А	шт.	1	22,00	22,00
Дріт	м	3	0,90	2,70
ПОС-61	кг	0,01	7,20	0,07
ФЛЮС	кг	0,01	3,40	0,03
Спирт	л.	0,1	12,00	1,20
Марля	м <sup>2</sup>	1	0,75	0,75
Пластик	м <sup>2</sup>	0,1	5,00	0,50
Усього				153,49

#### 4 Охорона праці та техногенна безпека при розробці портативної мікроелектронної системи знезараження питної води

Роботи, що проводяться в дослідницькій лабораторії, не представляють великої безпеки, оскільки приміщення інженерної академії належать до приміщень без підвищеної безпеки. Проте вживання електроустаткування може нести в собі ряд шкідливих і небезпечних для життя і здоров'я людей чинників, що працюють з ним. Основну небезпеку дослідницької лабораторії представляють використання електроприладів, які працюють при напрузі небезпечній для життя.

Дія електричного струму на живу тканину носить своєрідний характер. Проходячи через організм, електричний струм виробляє термічну, електролітичну і біологічну дію [18].

Міра небезпечної і шкідливої дії на людину електричного струму і електричної дуги залежить від роду і величини напруги струму, частоти струму, шляху струму через тіло організму, тривалість дії електричного струму, умов зовнішнього середовища.

У дослідницькій лабораторії існує можливість виникнення небезпеки при роботі з шкідливими речовинами в процесі моделювання плати пристрою. При монтажі електронних плат застосовують ацетон, спирт для знежирення і очищення від пилу мікросхеми, а також олово і каніфоль для припаювання ніжок напівпровідникового приладу до плати.

Спирт, ацетон викликає сухість шкіри. При систематичному вдиханні можливі захворювання сітківки ока. Також можливі нирково-психічні захворювання.

Каніфоль дратівливо діє на слизисті оболонки дихальних шляхів і на шкіру, що наводить до дерматитів.

При недостатній освітленості на робочому місці може виникнути зорова втома.

#### 4.1 Заходи зі зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Тривала робота перед екраном монітора наводить до різних функціональних розладів організму, не говорячи вже про неймовірне навантаження на очі. Захворювання, викликані травмою навантажень, що повторюються, не виявляються відразу, це нездужання, що поступово накопичуються. У цьому їх небезпека. В основному страждають кисті, зап'ястя, плечі, шийна область [18].

У виникненні хвороб такого роду найчастіше винні: погана ергономіка робочих місць, дуже високо розташована клавіатура, непідходяще крісло, незнання основних правил роботи за комп'ютером. Правила, що стосуються освітлення в приміщенні і на робочому місці, мікроклімату, розташування клавіатури прості:

- повна тривалість робочого часу, проведеного за екраном монітора із захисним екраном, для дорослого користувача не повинна перевищувати 4 години за 8-годинний робочий день;

- не рекомендується працювати на клавіатурі безперервно більше 30 хвилин, кожен годину необхідно робити п'ятихвилинну перерву, а кожні дві години - 15-хвилинний, причому краще покинути робоче місце, влаштувати розминку для пальців, зробити просту гімнастику для очей;

- для устаткування робочого місця краще використовувати спеціальні столи і стільці, що дають можливість регулювати положення всіх вузлів, - висоти столу, полички для клавіатури, крісла користувача;

- висоту клавіатури слід відрегулювати так, щоб кисть розташовувалася прямо;

- спина має бути пряма, кут між стегнами і хребтом теж прямий, для чого слід підібрати таке крісло, спинка якого здатна підтримувати спину користувача.



- монітор слід розташувати так, щоб нижній рівень екрану знаходився на 20-25 см нижче за рівень очей, а рівень верхньої кромки розташовувався на висоті лоба, від екрану монітора до очей має бути не менше 75-120 см.

- відстань між столами з комп'ютерами - не менше 1,5 метрів, між моніторами - не менше 2,2 метрів.

- екран комп'ютера краще розташувати під прямим кутом по відношенню до вікон, які необхідно завісити або закрити жалюзі.

#### 4.2 Виробнича санітарія

У виробничих приміщеннях, в яких робота на відеотерміналах і персональних комп'ютерах є допоміжною, температура, відносна вологість і швидкість руху повітря на робочих місцях повинні відповідати санітарним нормам мікроклімату виробничих приміщень, що діють [19]

У виробничих приміщеннях, в яких робота на відеотерміналах і персональних комп'ютерах є основною (диспетчерські, операторські, розрахункові, кабінети і пости управління, зали обчислювальної техніки і ін.) повинні забезпечуватися оптимальні параметри мікроклімату відповідно до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Оптимальні норми мікроклімату для приміщень з відеотерміналами і персональними комп'ютерами

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С (не більше)	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	Легка – 1а	22-24	40-60	0.1
	Легка – 1б	21-23	40-60	0.1
Теплий	Легка – 1а	23-25	40-60	0.1
	Легка – 1б	22-24	40-60	0.2

До категорії 1а відносяться роботи, вироблювані сидячи і що не вимагають фізичної напруги, при яких витрата енергії складає до 120 ккал/ч. До категорії 1б відносяться роботи, вироблювані сидячи, стоячи або пов'язані з ходьбою і такі, що супроводяться деякою фізичною напругою, при яких витрата енергії складає від 120 до 150 ккал/ч

При монтажі компонентів на плату і формуванні топологічного рисунка струмопровідного шару виникає потенційна небезпека небажаної дії на організм речовин, що обертаються в технологічному процесі, і матеріалів. Всі речовини, що забруднюють повітря, надають шкідливу дію, якщо вони потрапляють в організм в кількостях, що перевищують деяку порогову величину (ГДК). У виробництві плат застосовують певні речовини, які шкідливі для організму. Клас небезпеки шкідливих речовин встановлюється залежно від гранично допустимої концентрації речовин в повітрі робочої зони. Це та концентрація яка переноситься без відхилень від нормального полягання в перебігу робочого дня при щоденному диханні. Згідно СН 245-71 встановлюють чотири класи шкідливих речовин: 1-й клас – речовини надзвичайно небезпечні; 2-й клас – речовини високо небезпечні; 3-й клас – речовини помірно небезпечні; 4-й клас – речовини мало небезпечні. Дія токсичних речовин виявляється в гострих і хронічних отруєннях.

При монтажі електронних плат застосовують ацетон, спирт для знежирення і очищення від пилу, а також олово і каніфоль для припаювання ніжок напівпровідникового приладу до плати.

У таблиці 4.2 [19] приведені гранично допустимі концентрації небезпечних речовин, вживаних при монтажі елементів, згідно СН 245-71.

Таблиця 4.2 - Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Речовини	ГДК, мг/м <sup>3</sup>
Ацетон	30
Каніфоль	150
Олово	90
Спирт	1000

Спирт, ацетон викликає сухість шкіри. При систематичному вдиханні можливі захворювання сітківки ока. Також можливі нервово-психічні захворювання.

Каніфоль дратівливо діє на слизисті оболонки дихальних шляхів і на шкіру, що наводить до дерматитів.

Основні засоби техніки безпеки – герметизація апаратури і устаткування, наявність припливний витяжній вентиляції в приміщенні проведення робіт і витяжна шафа для виготовлення печатних плат і монтажу компонентів паянням (рис. 4.1).

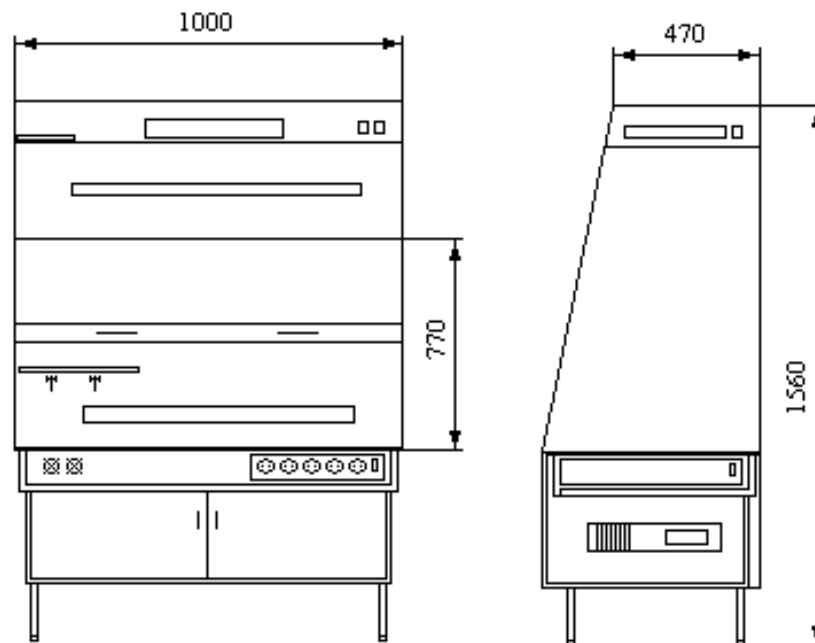


Рисунок 4.1 – Витяжна шафа для виготовлення печатних плат

### 4.3 Електробезпека

Дія електричного струму на організм людини може бути теплова, хімічна і біологічна. При дії електричного струму на організм людини можуть бути два види поразки: електричні удари і електричні травми. Часто ці види супроводять один одному [19].

Захистом від дотику до струмопровідних частин електроустановок є ізоляція дротів, обгороджування, блокування і захисні засоби. Захистом від напруги, що з'явилася на корпусах електроустановок в результаті порушення ізоляції, є захисне заземлення, занулення і захисне відключення.

Захисне заземлення влаштовується в мережах з ізолюваною нейтраллю. Воно є навмисним з'єднанням із землею не струмопровідних металевих частин електроустановок.

Захисне заземлення необхідне для зниження напруги відносно землі до безпечної величини на металевих корпусах електроустановок, що нормально не знаходяться під напругою, але що виявилися під таким в результаті пошкодження ізоляції.

При зниженні напруги на корпусах відносно землі струм, що проходить через людину, що стосується корпусу, знижується до безпечної величини (10 мА).

На ділянці проведення експерименту в лабораторії застосовується електроустаткування до 220 В. Електроживлення здійснюється від розподільних щитів за допомогою комутуючих автоматів, що виробляють захист того або іншого об'єкту.

Приміщення відноситься до приміщень без підвищеної безпеки.

Відповідно до ПЗП приміщення лабораторії відносять до класу по пожежобезпеці П-11 а. Міра захисту електроустаткування 1 Р44.

Прокладка сполучних дротів здійснюється в трубах, що забезпечує надійний захист від механічних пошкоджень дротів [19].

#### 4.4 Пожежна безпека. Техногенна безпека

Приміщення, де виробляється травлення печатних плат, відноситься до вибухонебезпечного, оскільки водень, що виділяється при травленні, з атмо-

сферним киснем утворює вибухонебезпечну суміш. Проте це може статися лише при відключенні вентиляції, тобто при аваріях. Отже, приміщення відноситься до класу В-Ia. По мірі пожежної безпеки дане виробництво може бути віднесене до категорії Д, оскільки характеризується наявністю речовин, що не згорають, і матеріалів в холодному стані [19].

Характерними причинами виникнення пожеж в лабораторії є необережне поводження з вогнем, порушення технологічних процесів, неправильні електропроводки і устаткування, неправильне користування електричними приладами і ін.

Основні будівельні конструкції будівлі, в якій знаходиться лабораторія, виконані з тих, що не згорають і важко згорають матеріалів, що цегельних і виштукатурюють. Отже, вогнестійкість будівлі має 2 рівень. Для евакуації людей на випадок пожежі в лабораторії є два евакуаційні виходи, розташованих в протилежних кінцях приміщення ділянки. Ширина дверей і сходів рівна 1,6 м, що відповідає нормі.

Відстань від найбільш видаленого робочого місця до найближчого виходу – 15 м. Швидкість просування людей при евакуації – 16 м/хв [19].

Будівля, в якій знаходиться лабораторія, по захисту від блискавки, відноситься до категорії С і захищається від прямих ударів блискавок, і від замету високих потенціалів через землю, тобто підземні металеві комунікації, їх приєднують при введенні в захищаний об'єкт до заземлення електроустаткування. Отже, грозозахист засновано на стержневих громовідводах.

Для попередження пожеж в лабораторії необхідно створити строгий протипожежний режим. Створюється загально об'єктова і лабораторна інструкція по ПБ, проводиться первинний протипожежний інструктаж при на робочому місці; створюється план протипожежних заходів і евакуації людей на випадок пожежі.

Як вогнегасні речовини можна застосовувати воду, вуглекислоту, хімічну і повітряно-механічну піну. Для гасіння вогнищ усередині будівлі на майданчиках сходових кліток, в коридорах і отворі встановлюють пожежні

крани, які розміщені в шафках, де знаходиться і рукав з протипожежним стволом. Для гасіння пожежі горючих матеріалів, що починається, а також горючих рідин використовується ручний пінний вогнегасник ОХП-10. Для гасіння пожеж електроустановок використовується вуглекислий вогнегасник ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8, в кількості двох вогнегасників на кожену установку. Існують пожежна електрична сигналізація, яка забезпечує прямий зв'язок пожежної охорони з охоронним об'єктом. У даній будівлі застосовують звукову систему сигналізації.

Визначимо технічні і організаційні заходи в лабораторії того, що труїть печатних плат. До технічних заходів відносяться протипожежні заходи, вживані в лабораторії:

- територію лабораторії необхідно постійно містити в чистоті, горюче сміття повинне систематично віддалятися на спеціально відведені ділянки і у міру накопичення вивозитися;

- всі струмопровідні частини, розподільні пристрої, рубильники і інші пускові апарати вмонтовуються на негорючих підставах (мармур, текстоліт, гетинакс, азбест, і тому подібне);

- вимір опору ізоляції електромережі проводиться не рідше два раз на рік. Несправні ділянки знеструмлюються і замінюються новими;

- вся електрична апаратура, встановлена в лабораторії, виконується вибухозахищеною;

- для усунення можливості проникнення пари і газів з цеху в сусідні приміщення виводи дротів крізь стіни робляться із застосуванням фарфорових трубок, отвори яких закриваються кислотнупорною мастикою;

- куріння в приміщенні строго забороняється;

- на випадок виникнення пожежі необхідно передбачити можливість евакуації людей. Евакуаційні дороги повинні забезпечувати евакуацію всіх людей, що знаходяться в приміщенні лабораторії протягом необхідного часу. Число евакуаційних доріг не менше два. Кількість та розміри евакуаційних виходів з будівель і приміщень, їхні конструктивні й планувальні рішення, умови

освітленості, забезпечення незадимленості, протяжність шляхів евакуації, їх облицювання (оздоблення) повинні відповідати протипожежним вимогам будівельних норм.

- евакуаційні шляхи і виходи повинні утримуватися вільними, нічим не зашарашуватися і в разі виникнення надзвичайної ситуації забезпечувати безпеку під час евакуації всіх людей, які перебувають у приміщеннях будівель та споруд, двері на дорогах евакуації навішуються так, щоб відкривалися по напрямленню виходу з будівлі;

- мінімальна ширина дверей на дорогах евакуації не менше 0,8 м;

- висота переходу на дорогах евакуації не менше 2 м;

- пристрій гвинтових сходів і змінних рівнів на дорогах евакуації не допускається;

- схема евакуації людей ретельно розробляється і вивішується на видних місцях;

- весь трудовий колектив проходить навчання заходам пожежної безпеки.

- у разі розміщення технологічного, експозиційного та іншого обладнання в приміщеннях повинні бути забезпечені евакуаційні проходи до сходових кліток та інших шляхів евакуації відповідно до будівельних норм.

Не допускається:

- влаштовувати на шляхах евакуації пороги, виступи, турнікети, розсувні, підйомні двері, такі двері, що обертаються, та інші пристрої, які перешкоджають вільній евакуації людей;

- зашарашувати шляхи евакуації (коридори, проходи, сходові марші і площадки, вестибюлі, холи, тамбури тощо) меблями, обладнанням, різними матеріалами та готовою продукцією, навіть якщо вони не зменшують нормативну ширину;

- забивати, заварювати, замикати на навісні замки, болтові з'єднання та інші запори, що важко відчиняються зсередини, зовнішні евакуаційні двері будівель;

Для оптимального здійснення евакуації з будівель та споруд різного призначення створюються відповідні комісії. Вони скеровуються з Міністерства з надзвичайних ситуацій України.

Основними завданнями комісій з евакуації відповідних суб'єктів господарської діяльності є: розроблення планів евакуації, на випадок виникнення надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру; організація та проведення у евакуації; установи чи організації щодо забезпечення проведення евакозаходів; визначення основних напрямів роботи щодо проведення евакозаходів; підготовка і перепідготовка особового складу евакокомісії.

Забезпечення техногенної безпеки є складовою частиною виробничої та іншої діяльності суб'єктів господарювання. Забезпечення техногенної безпеки покладається на відповідних посадових осіб, керівників і уповноважених ними осіб, якщо інше не передбачено відповідними нормативно-правовими або цивільно-правовими актами. Заходи щодо забезпечення техногенної безпеки враховуються органами архітектури, замовниками, забудовниками, проектними та будівельними організаціями при проектуванні та забудові населених пунктів, будівництві, розширенні, реконструкції та технічному переоснащенні потенційно небезпечних об'єктів, установ та організацій.

У даній будівлі застосовують звукову систему сигналізації. При появі сигналу сповіщення про пожежу співробітники організовано без паніки покидають лабораторію і, залежно від місця спалаху, слідують або вліво через лабораторний корпус для виходу на вулицю Добролюбова, або управо для виходу на вулицю Незалежної України (рис. 4.2).



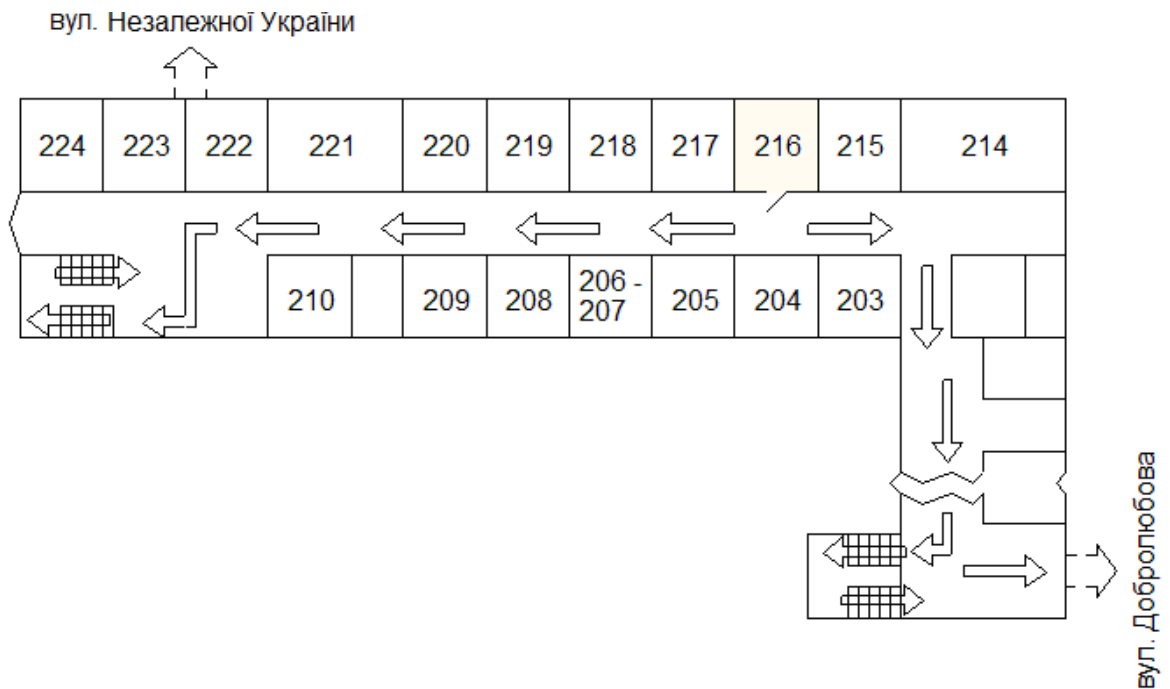


Рисунок 4.2 – План евакуації при пожежі із аудиторії

#### 4.5 Розрахунок місцевого освітлення робочого місця при монтажі елементів на плату

Для місцевого освітлення (у складі комбінованого освітлення) слід використовувати світильники з непрозорими відбивачами. Світильники місцевого освітлення слід розташовувати так, щоб їх елементи, що світять, не потрапляли прямо у поле зору працівників як даного так і інших робочих місць [20].

Вираження для освітленості даної точки “а” поверхні спостережуваного об’єкту визначається вираженням:

$$E_a = \frac{J_{cв}}{l_{ca}^2} \cos \gamma_{ca}.$$

Тут  $J_{cв}$  – сила світла, що випромінюється світильником, кд/м<sup>2</sup>;  $l_{ca}$  – довжина шляху світлового променя від елемента, що світить, до точки “а” спостережуваного об’єкту, м;  $\gamma_{ca}$  – кут, що утворюється світловим променем в напрямі від елемента, що світить, до точки “а” і нормаллю до спостережуваного об’єкту.

ної поверхні в точці “а”, рад. Розташування світильника на робочому місці показано на рисунку 4.3.

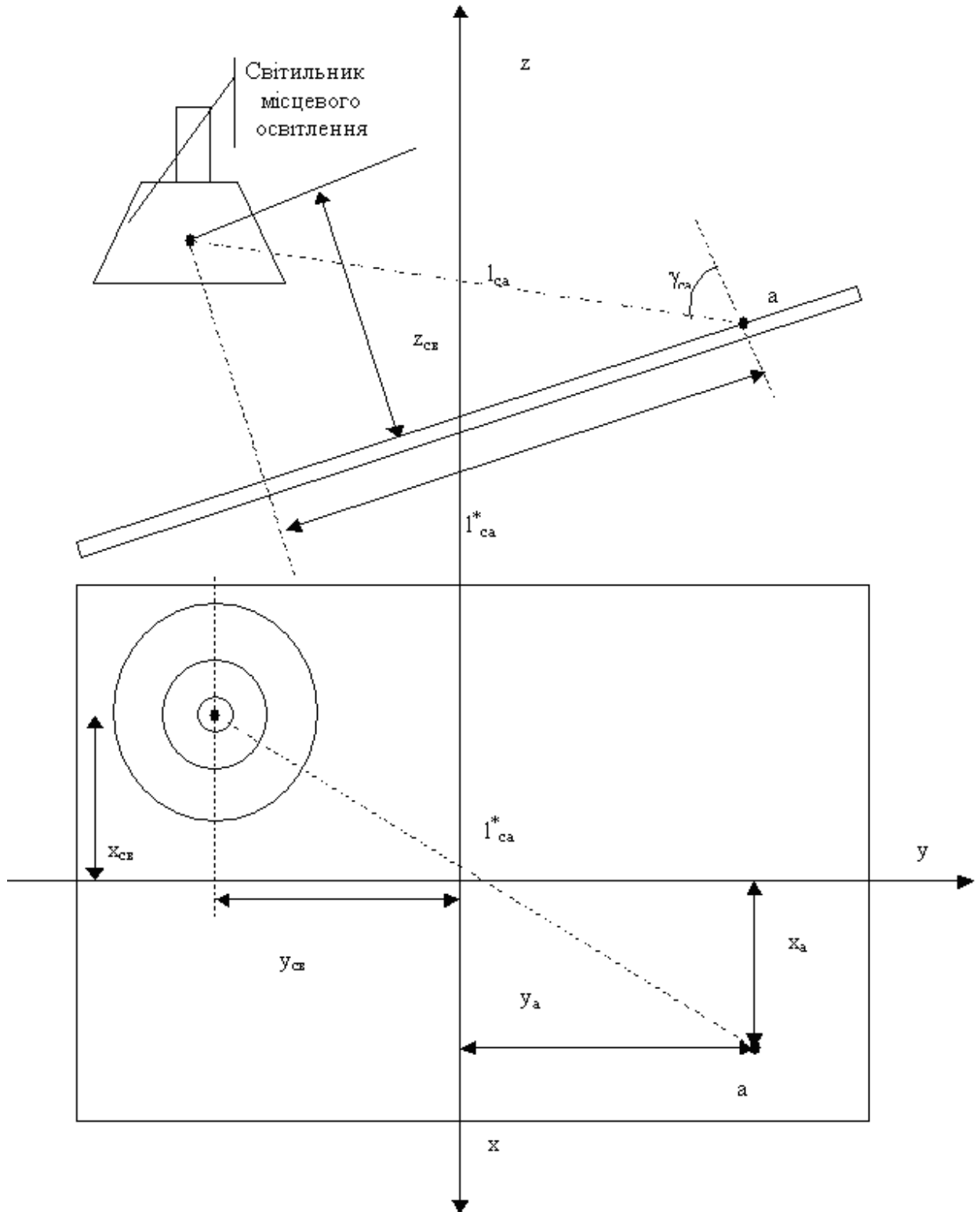


Рисунок 4.3 – Розташування світильника місцевого освітлення

У точці “а” світильник місцевого освітлення повинен створювати освітленість, рівну нормативному значенню для місцевого освітлення (в даному випадку 180 лк), з відхиленням в межах  $-10\%$  -  $+20\%$ .

Визначимо силу світла, потрібну від світильника місцевого освітлення:

$$x_{ce} = 20 \text{ см}; y_{ce} = 10 \text{ см}; z_{ce} = 20 \text{ см}; x_a = 20 \text{ см}; y_a = 30 \text{ см}$$

$$l_{ca}^* = \sqrt{x_{ce}^2 + x_a^2 + y_{ce}^2 + y_a^2} = 56,6 \text{ см}$$

$$l_{ca} = \sqrt{l_{ca}^{*2} + z_{ce}^2} = 60 \text{ см}$$

$$\gamma_{ca} = \frac{\pi}{2} - \arcsin\left(\frac{z_{ce}}{l_{ca}}\right) = 1.231 \text{ рад}$$

У світильнику використовується лампа розжарювання, тому для вибору лампи світильника місцевого освітлення по величині створюваного світлового потоку має вигляд

$$\Omega_{ce} = 2\pi \left\{ 1 - \cos \left[ \arctg \left( \frac{d_{ce}}{2h_l} \right) \right] \right\} = 4,14$$

$$\Phi_L = E_{\text{норм.м}} \cdot l_{\text{св.а.}}^2 \cdot \frac{4\pi}{\cos \gamma_{ca}} \left[ 1 + \chi_{ce} \rho_{ce} \left( \frac{4\pi}{\Omega_{ce}} - 1 \right) \right]^{-1} = 796$$

З таблиці [20] вибираємо лампу розжарювання типа БК-215-225-60 потужністю 60 Вт

## Висновки і рекомендації

1. Срібло є високоефективним знезаражувальним засобом. Для надійної дезінфекції, питної води сріблом необхідно експериментально підбирати його дози і тривалість контакту із знезараженою водою. При цьому слід враховувати вплив мінерального складу води, особливо за наявності іонів, що переводять срібло в малорозчинні з'єднання.

2. Ефект знезаражувальної дії срібла істотно збільшується і наводить до швидкого знищення всіх видів бактерій, якщо цей процес комбінувати з обробкою води активним хлором або здійснювати його при одночасному впливі на воду електричним струмом.

3. Розроблений портативний мікроелектронний пристрій підготовки питної води має переваги перед існуючими аналогами. Він має вбудоване джерело живлення, володіє малою споживаною потужністю, низькою собівартістю.

4. Пристрій дозволяє отримати воду з різним вмістом іонів срібла. Подальша експлуатація отриманої консервованої води виробляється за призначенням.

Розробка рекомендується для подальшої модернізації і виробництва підприємствами електронної техніки України.

## Перелік посилань

1. Котляр З. В., Котляр В.М. Хімія елементів. Київ : Вид. дім «Перше вересня», 2016. 224 с.
2. Porter J.R. Bacterial Chemistry and Physiology. New Yourk – Willey London, Chapman and Hall, 1948. 122 с.
3. Михайлін В.Н. Технологічні основи електроніки. Конспект лекцій Запоріжжя: ЗДІА, 2003. 166 с.
4. Кульський Л.А., Нікітіна С.В., Сліпченко В.А. Знезараження води. Український хімічний журнал, 1962. №8. С. 981-986.
5. Кульський Л.А. Срібна вода. Київ : Наукова думка, 1977. 163 с.
6. Верьовкін Л.Л., Світанько М.В., Кісельов Є.М., Хрипко С.Л. Цифрова схемотехніка: підручник. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 214 с. ISBN 978-617-685-023-6.
7. Гершунський Б.С. Довідник по основам електронної техніки. Київ : Вища шк., 1987. 320 с.
8. Рябенський В.М., Жуйков В.Я., Гулий В.Д.. Цифрова схемотехніка: навчальний посібник. Львів : "Новий Світ-2000", 2019. 736 с. ISBN 978-966-418-067-9.
9. Терещук Р.М., Терещук К.М., Седов С.А. Полупроводниковые приемно-усилительные устройства, справочник. Київ : Наукова думка, 1981. 670 с.
10. Бойко В. І., Багрій В. В. Цифрова схемотехніка. Київ : ІЗМН, 2001. 228 с.
11. Задерейко О.В., Логінова Н.І., Трофименко О.Г., Троянський О.В., Толокнов А.А. Комп'ютерна схемотехніка та архітектура комп'ютерів : навч. посіб. [Електронне видання]. Одеса : Фенікс, 2021. 163 с.
12. Лорія М.Г, Єлісеєв П.Й., Целіщев О.Б. Цифрова схемотехніка: навч. посіб. Северодонецьк : Вид-во Східноукр. нац. ун-ту ім. В. Даля, 2016. 280 с.
13. Матвієнко М.П., Розен В.П. Комп'ютерна схемотехніка: навч. посіб. Київ : Видавництво Ліра-К, 2016. 192 с.

14. Лавриненко В.Ю. Справочник по полупроводниковым приборам. 10-е вид., перероб. и доп. Київ : Техніка, 1984. 424с.
15. Pedroni V., Circuit Design and Simulation with VHDL, 2nd ed., MIT Press, 2010. 345 p
16. Schustow M.A., Schustow A.M. Energie-Ausschalt-Indikator II Funkamateuer. Bd. 47. N. 2., 1998. 173 p.
17. Белуха М.Т. Основи наукових досліджень. Київ : Вища шк., 1997. 271 с.
18. Ткачук К.Н. Охрана труда и окружающей среды в радиоэлектронной промышленности. Київ : Вища шк., 1988. 240 с.
19. Горобец А.И., Степаненко А.И. Охрана труда в радиоэлектронной промышленности. Київ : Техніка, 1987. 135 с.
20. Кожемякін Г.Б., Рижков В.Г., Белоконь К.В. Охорона праці та техногенна безпека: методичні вказівки до виконання розділу магістерських робіт для студентів ЗДІА всіх спеціальностей денної та заочної форм навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2012. 48 с.

-Поз. Познач.	Найменування	Кільк	Прим.
C1, C4	Конденсатор K53-4-3,3мкф×16В	2	
C2,C3	Конденсатор K10-9-20±20%	2	
R1	Резистор 2,2 М±5%; 0,125 Вт	1	
R2,R3,R6 R13,R18 R19,R21 R23	Резистор 2,7 к±5%; 0,125 Вт	8	
R4,R8,R15	Резистор 27 к±5%; 0,125 Вт	3	
R5,R12,R17	Резистор 1,6 к±5%; 0,125 Вт	3	
R7,R14	Резистор 100 к±5%; 0,25 мВт	2	
R9,R16	Резистор 15 к±5%; 0,125 Вт	2	
R10,R11	Резистор 22 к±5%; 0,125 Вт	2	
R20	Резистор 51±5%; 0,125 Вт	1	
R22	Резистор 1,8 М±5%; 0,125 Вт	1	
VT1,VT3 VT7,VT10	Транзистор КТ315А		
VT2,VT4 VT5,VT6 VT8,VT9 VT11	Транзистор КТ361А		

					ІННІ 8.1532 ДП		
					Схема електрична принципова моделі пристрою на дискретних елементах Перелік елементів		
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Лит	Масса	Масштаб
					У		
Розроб.		Беримець Д.С.					
Керівник		Верьовкін Л.Л.					
Консульт.					Лист	Листів	
Н. контр.		Верьовкін Л.Л.			8.1532		
Затвердив		Критська Т.В.					





Поз. Познач.	Найменування	Кільк	Прим.
	<i>Конденсатори</i>		
C1	Конденсатор K53-4-47мкф×10В	1	
C2	Конденсатор K10-9-15±20%		
	<i>Мікросхеми</i>		
DD1	Мікросхема K561TM2	1	
	<i>Резистори</i>		
R1	Резистор 68 к ±5%; 0,125 мВт	1	
R2,R3,R7	Резистор 1 к ±5%; 0,125 мВт	3	
R4	Резистор 3,9 к ±5%; 0,125 мВт	1	
R5	Резистор 1,5 М ±5%; 0,125 мВт	1	
R6	Резистор 5,1 к ±5%; 0,125 мВт	1	
R8	Резистор 43 к ±5%; 0,125 мВт	1	
R9	Резистор 330 к ±5%; 0,125 мВт	1	
R10	Резистор 470 к ±5%; 0,125 мВт	1	
	<i>Транзистори</i>		
VT1VT2	КТ315Г	2	
	<i>Діоди</i>		
VT3	КП103Е	1	
VD1	КД 521А	1	
VD2	КС 568Б		
HL1	АЛ307БМ		

					ІННІ 8.1532 ДП					
Изм		Лист	№ докум.	Підпись	Дата	Схема електрична принципова портативного пристрою		Лист	Масса	Масштаб
Розроб.			Беримець Д.С.			Перелік елементів		у		
Керівник			Верьовкін Л.Л.					Лист	Листів	
Консульт.								8.1532		
Н. контр.			Верьовкін Л.Л.							
Затвердив			Критська Т.В.							